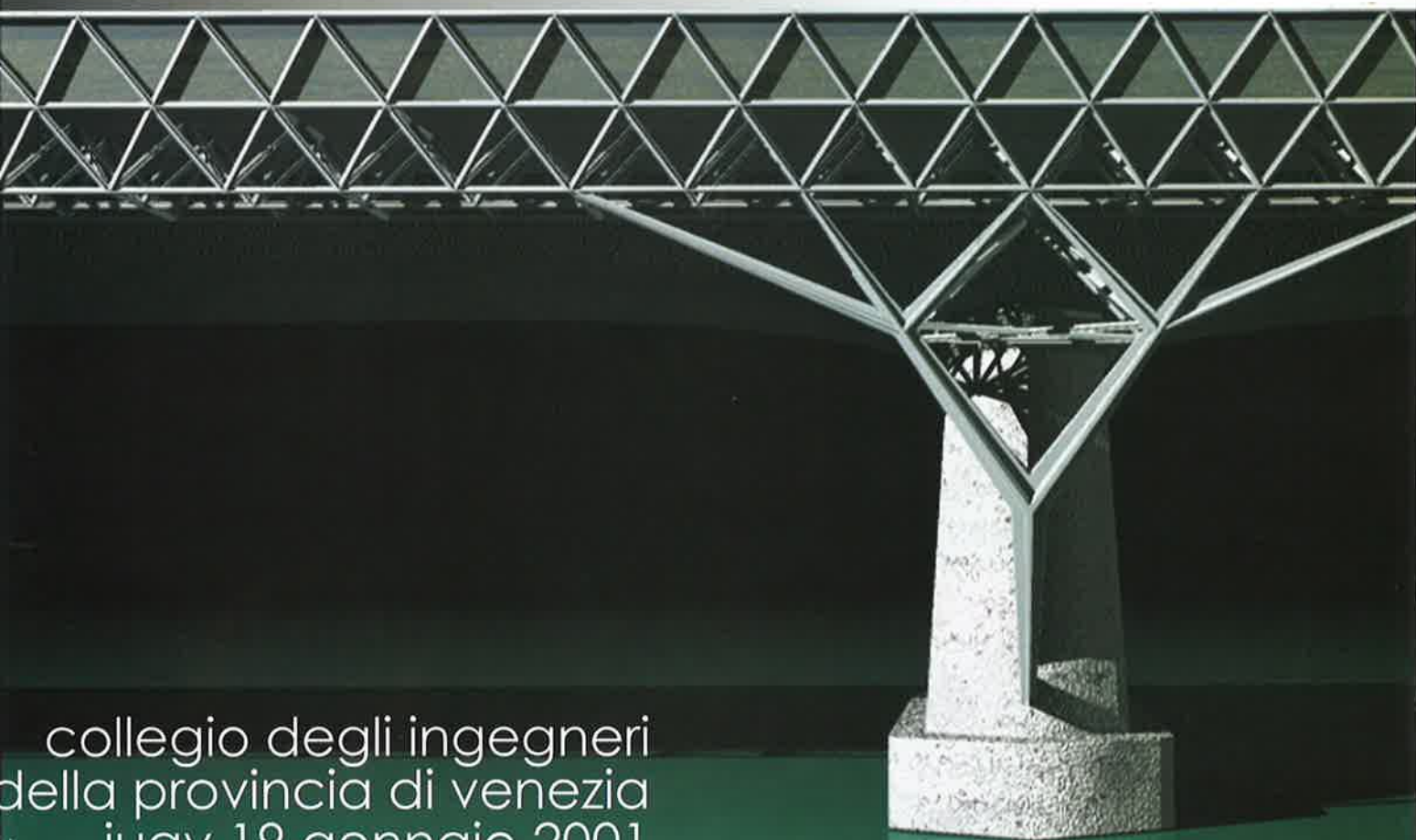


GALILEO

VISTA DI INFORMAZIONE, ATTUALITÀ E CULTURA DEGLI INGEGNERI DI PADOVA

centotrentotto



collegio degli ingegneri
della provincia di venezia
iuav 19 gennaio 2001

i ponti

storia della tecnica
e delle forme
tra otto e novecento

Secondo supplemento a «Galileo». Spedizione in abbonamento postale 45%, art. 2, comma 20/b, legge 662/96, Filiale di Padova, N. 138, Aprile 2001, Anno XIII. Copia omaggio. In caso di mancato recapito restituire a: Queen's Srl, Via Zabarella 14/6, 35121 Padova, ISSN 1122-9160. Contiene IP e IR.



Nico Velo S.p.A.

PREFABBRICAZIONE DAL 1943



== ISO 9001 ==

Il risultato
di una reciproca
collaborazione
efficace.



CAV. NICO VELO & F.LLI S.p.A. - VIA ROMA, 46 - 35014 FONTANIVA (PD) - Tel. 0495 942 011 r.a. - Fax 0495 941 555
STABILIMENTI: CARMIGNANO DI BRENTA - VIA PROVINCIALE, 12A - Tel. 0495 957 114 - FONTANIVA - VIA I° MAGGIO - Tel. 0495 941 020
<http://www.nicovelo.it> - E-mail: info@veloprefabbricati.com

Editore Collegio degli Ingegneri della Provincia di Padova, piazza G. Salvemini 2, 35131 Padova, telefono e fax 0498 756 160 • **Direttore responsabile** Enzo Siviero • **Comitato di gestione** Pasqualino Boschetto, Stefano Casarotti-Todeschini, Enzo Siviero • **Comitato di redazione** Pierantonio Barizza, Pasqualino Boschetto, Paolo Caporello, Guido Cassella, Paolo Foletto, Paolo Monteforte, Sara Orio, Lidia Pelli, Giorgio Romaro, Giorgio Simioni, Francesco Spolaore, Filippo Squarcina, Pierangelo Valerio • **Relazioni esterne e diffusione** Giorgia Roviato tel. 049 656 706 • **Impaginazione e redazione** Queen's Srl, Corte Zabarella, Via Zabarella 14 int. 6, 35121 Padova, telefono 0498 759 328, 0329 812 0467, 0329 638 1227, fax 0498 782 470, e-mail redazione.galileo@libero.it • **Stampa** La Photograph, Via L. da Zara 8, 35020 Albignasego, Pd, telefono 0498 625 690, fax 0498 625 691 • **Copertina** E. Siviero, Progetto di passerella a Legnago • **Autorizzazione** Tribunale di Padova n. 1118 del 15 marzo 1989 • **Spedizione** in abbonamento postale 45%, art. 2, comma 20/b, legge 662/96, Filiale di Padova • **ISSN** 1122-9160 • **Avvertenze** La Direzione non si assume alcuna responsabilità per eventuali danni causati da informazioni errate. Gli articoli firmati esprimono solo l'opinione dell'autore e non impegnano in alcun modo né l'editore né la redazione • **Tutela della privacy** Qualora siano allegati alla rivista, o in essa contenuti, questionari oppure cartoline commerciali, si rende noto che i dati trasmessi verranno impiegati a scopo di indagine di mercato e di contatto commerciale, ex D.L. 123/97. Si informano gli abbonati che il loro indirizzo potrà essere impiegato anche per l'inoltro di altre riviste o di proposte commerciali. È diritto dell'interessato richiedere la cancellazione o la rettifica, ai sensi della L. 675/96.

Norme per gli autori

Galileo pubblica articoli di ingegneria, architettura, legislazione e normativa tecnica, attualità, redazionali promozionali. L'approvazione per la stampa spetta al Direttore che si riserva la facoltà di modificare il testo nella forma per uniformarlo alle caratteristiche e agli scopi della Rivista dandone informazione all'Autore. La proprietà letteraria e la responsabilità sono dell'Autore. Gli articoli vanno inviati previo avviso telefonico per il formato dei testi a: Redazione di *Galileo*, Corte Zabarella, Via Zabarella 14 int. 6, 35121 Padova, telefono 0498 759 328, 0329 638 1227, fax 0498 782 470, e-mail redazione.galileo@libero.it. I testi accettati sono pubblicati gratuitamente purché non superino i cinquemila caratteri e le cinque illustrazioni. Per testi superiori viene richiesto un contributo spese da valutare volta per volta. Tutte le illustrazioni – anche le fotografie – devono essere fornite in originale e avere un'unica numerazione consecutiva. Bibliografia e note vanno riportate con numerazione progressiva seguendo l'ordine di citazione. Un breve curriculum professionale dell'autore (circa 60 parole) può essere inserito alla fine dell'articolo e comparirà nella stampa. Le bozze di stampa vanno restituite entro tre giorni dall'invio. Gli Autori ricevono a titolo gratuito tre copie della rivista, ulteriori copie (5000 lire a copia) possono essere richieste a pagamento al momento dell'inoltro del dattiloscritto a: Redazione di *Galileo*, Queen's Srl, Corte Zabarella, Via Zabarella 14 int. 6, 35121 Padova, telefono 0498 759 328, 0329 638 1227, fax 0498 782 470, e-mail redazione.galileo@libero.it.

I ponti sono strutture che consentono alle strade di superare fiumi e avvallamenti, così da collegare tra loro aree da questi divise e rese distanti. Proprio per questa loro specifica funzione nell'immaginario collettivo i ponti appaiono come gli strumenti che avvicinano opposte posizioni ideali, sono la metafora del possibile congiungimento di ben diversificate culture, del legame tra terre lontane, del transitorio passaggio tra epoche diverse della storia degli uomini e dei popoli. Così talvolta una città è vista come ponte tra una zona geografica e un'altra da essa distinta; così spesso anche un momento storico si considera come ponte tra quello più importante che lo ha preceduto e quello altrettanto importante che lo ha seguito.

A ben guardare però anche nella loro realtà fisica i ponti non svolgono funzioni concettualmente differenti.

Quel loro appianare le vie tra luoghi anche vicini ma separati da ostacoli imponenti tende ad agevolare in concreto le umane relazioni tra coloro che sono situati in opposte rive, favorisce lo sviluppo ordinato e coordinato di realtà che si collocano su sponde diverse. Spesso superando confini, non solo geografici, che talvolta separano concezioni di vita differenti, diventano strumenti che facilitano il confronto, il dialogo, l'effettiva integrazione. I ponti sono anche insostituibili elementi che cuciono in un'unica inscindibile realtà urbana complessa, quelli che isolati rimarrebbero semplici frammenti urbani dalla scarsa capacità di assumere fisionomia autonoma degna di considerazioni. Diventano così, pur sospesi sopra i fiumi e addirittura sopra il mare, semplici tratti di strada urbana o metropolitana, costituendo peraltro essenziali e, solitamente, significativi punti di riferimento della città.

I ponti, sia che abbiano l'eclatante funzione di superare un rilevante ostacolo sia che siano deputati a più modeste funzioni di relazione urbana nell'ambito di reti viarie nelle quali i punti di iato da eliminare non sono particolarmente significativi, sono pur sempre opere che impegnano seriamente l'ingegno dell'uomo. Sono sempre e comunque opere d'ingegneria che richiedono in ogni caso particolare attenzione nelle scelte tecniche e nelle tipologie costruttive.

Sono ovviamente opere che hanno un impatto sul paesaggio e sull'assetto urbano: sono quindi anche opere di genio, d'inventiva, di forte valenza architettonica, che esigono perciò nei progettisti sensibilità artistica, rigore estetico e propensione profonda al rispetto dell'ambiente, naturale e costruito.

Il Collegio degli ingegneri della provincia di Venezia, nei suoi programmi di conoscenza e di approfondimento di temi che professionalmente li riguardano da vicino, ha voluto quest'anno inserire il tema dei ponti, affrontando sotto il profilo storico e in prospettiva futura lo sviluppo di tali strutture riguardo sia alla loro ideazione che alla loro realizzazione e avendo cura di non trascurare i riflessi della costruzione dei ponti sull'ambiente nonché il singolare caso di Venezia nel secolo scorso, nel quale è emersa la figura indimenticabile dell'illustre collega, l'ing. Eugenio Miozzi. Ritenendo l'argomento d'interesse generale, il Collegio ha voluto aprire questa sua iniziativa al pubblico, ma in particolare ai colleghi architetti, poiché struttura e forma, soprattutto nella realizzazione dei ponti, esigono la collaborazione interdisciplinare di entrambe le figure professionali. (Tullio Camprostrini)



CONTENUTI

	p.
Saluto delle Autorità	
Paolo Costa	
Enzo Siviero	2
Presentazione	
Tullio Camprostrini	3
Il ponte ferroviario sulla laguna: progetti e motivazioni delle scelte ottocentesche	
Laura Facchinelli	4
I ponti di Eugenio Miozzi a Venezia	
Valeria Farinati	10
Le tecniche costruttive dei ponti di ferro, ieri e oggi	
Giorgio Romaro	16
I viadotti delle autostrade: piloni, lunghe campate e architettura del paesaggio	
Konrad Bergmeister	20
Evoluzione tipologica dei grandi ponti	
Enzo Siviero	
Gigliola Meneghini	26
Il ponte di Calatrava: tecnica ed estetica d'avanguardia per la città di Venezia	
Roberto D'Agostino	40

Grazie Presidente e grazie a tutti voi. Solo due parole di saluto perché è previsto anche un intervento dell'arch. D'Agostino, assessore alla pianificazione strategica del Comune.

Se c'è una città che vive di ponti questa è Venezia, e non potevo quindi non tributare un omaggio a tutti i pontieri. Venezia vive di ponti, in fondo, sia nel reale che nel virtuale: è questa una dimensione che mi piace recuperare – come dice Campostrini, il ponte è un simbolo molto facile da leggere, è il tentativo di unire assieme sponde diverse, vicine ma che non si toccano – perché la città si pone spesso come ponte metaforico fra culture, fra idee, fra proposte e perché no, come nel nostro caso, anche fra passato e avvenire, fra conservazione e innovazione. È evidente che in un contesto come questo, il tema del giorno non può che essere la proposta del quarto ponte sul Canal Grande, del ponte di Calatrava, che in questo periodo ha fatto un altro sostanziale passo avanti. Il progetto come è noto, continua a suscitare dibattito in città: dibattito per la tecnica, per la tecnologia, per la forma, per i materiali; perché costituisce una specie di grido, di grido positivo che Venezia esprime per segnalare che è disposta a continuare a svolgere la sua funzione. Venezia, dal punto di vista dei segni architettonici, mostra tratti caratteristici di dieci, dodici secoli: aggiungere qualche segno del nostro secolo è quindi un nostro dovere. Per questo motivo, per questa idea, per questa possibilità credo che il progetto debba essere portato avanti e realizzato al più presto quale elemento che segnala la voglia di rimettersi sulla fase dello sviluppo, di rimettersi in cammino, di risentirsi una città che, pur nel rispetto assoluto della sua storia, è in grado di esprimersi anche per il futuro.

So che questo dibattito, i vostri studi, i vostri lavori, i vostri ponti stanno a significare la continua ricerca di equilibrio tra tecnica e forma, fra funzionalità e capacità di inserirsi nel paesaggio. Forse in qualche momento – mi riferisco ai viadotti autostradali – abbiamo visto i ponti come un male necessario. Non credo però che sia scritto da nessuna parte che debba essere necessariamente così e che ci sia quindi il bisogno, la voglia di recuperare anche sulla capacità di inserirli, di vederli, di farli colloquiare con l'ambiente, almeno con la stessa arditezza con la quale io mi auguro fra qualche tempo potremo mostrare al mondo il quarto ponte sul Canal Grande.

Buon lavoro a tutti, sono sicuro che i risultati di questo lavoro saranno utili per noi, per la città, e per tutti voi.

Paolo Costa

SINDACO DELLA CITTÀ DI VENEZIA

Ringrazio l'ingegner Campostrini e il Collegio degli Ingegneri di Venezia per la brillante idea di organizzare questo convegno. Al di là del significato che questo tema ha per Venezia – anche sotto il profilo simbolico – esso è di grande attualità soprattutto alla luce del dibattito in corso sul quarto ponte del Canal Grande progettato da Calatrava.

Il Rettore dello IUAV invia per mio tramite i suoi saluti e le sue scuse, ma precedenti impegni gli impediscono di essere presente. Come forse saprete lo IUAV è da poco diventato Università. Sono state già deliberate tre facoltà: Architettura, Pianificazione e Scienza del Teatro, quest'ultima è una novità che si deve in parte alla peculiarità dell'ambiente veneziano.

Per tornare al tema di oggi, informo che lo IUAV sta organizzando per l'aprile prossimo un convegno: «The World of Bridges» – Il mondo dei ponti – cui parteciperanno una ventina tra i più grandi progettisti di ponti del mondo che analizzeranno l'iter delle loro esperienze sotto tutti i profili progettuali e costruttivi. Tra di essi sono lieto di annoverare anche l'amico e collega, prof. Romaro. Data l'alta percentuale di relatori stranieri il convegno sarà bilingue, con traduzione simultanea.

Gli atti del convegno saranno pubblicati in un numero speciale di «Rassegna». La rivista si presenta oggi sotto una nuova identità di tramite tra ingegneri e architetti, all'insegna dell'unicità e unità della cultura.

Termino questo breve saluto – per non rubare tempo ai relatori, che sollecito a non superare i trenta minuti assegnati – ribadendo il concetto della Facoltà di Architettura quale luogo di cultura ampia, di incontro tra architetti e ingegneri; questi ultimi sono i benvenuti in queste aule che respirano e devono continuare a respirare la cultura delle costruzioni. Quando la costruzione diventa poesia essa è architettura, architettura ... culturale. Ringrazio gli ingegneri che hanno voluto essere presenti e passo la parola al Presidente.

Enzo Siviero

ISTITUTO UNIVERSITARIO DI ARCHITETTURA DI VENEZIA

PRESENTAZIONE

Tullio Campostrini

Presidente
del Collegio degli Ingegneri
della Provincia di Venezia

Autorità, gentili Signore ed egregi Signori, cari Amici e Colleghi, sento il dovere di ringraziare tutti coloro che hanno onorato la fatica degli organizzatori di questo convegno con la loro presenza.

I miei ringraziamenti vanno in particolare all'Istituto universitario di Architettura di Venezia che si è reso tanto generosamente disponibile nel mettere a disposizione questa bella aula per lo svolgimento del convegno e a coloro che hanno contribuito personalmente (in particolare il prof. ing. Enzo Siviero generoso nel consiglio e nel materiale aiuto), alla riuscita dell'iniziativa, che mi appresto a presentare con poche parole.

Il Collegio degli ingegneri della provincia di Venezia svolge da tanti anni un'impegnativa attività culturale, di ricerca e di approfondimento, in materie attinenti l'attività professionale dei propri soci, che sono appunto quasi tutti gli ingegneri iscritti al locale Ordine.

Tale attività si esplica in modi assai diversificati tra loro, che coprono uno spettro di iniziative di vario tipo, volte comunque tutte a far conoscere meglio problemi e realtà di cui si hanno solamente informazioni superficiali, oppure ad approfondire problemi su cui si ha una pur buona informazione, ovvero ancora a discutere argomenti di varia natura tecnica e scientifica sui quali appare opportuno debba emergere il composito e variegato quadro delle opinioni degli iscritti. Rientra perciò tra gli impegni del Collegio anche quello di cercare di far conoscere da vicino ai soci le più qualificate attività produttive e di ricerca scientifica, specialmente quella applicata, che caratterizzano il nostro territorio.

Il criterio comunque più seguito dal Collegio per svolgere le sue funzioni di luogo di formazione e di aggiornamento professionale nonché quello più impegnativo di crescita culturale in senso lato è quello del dibattito interno; sia su problemi di natura generale ma anche di carattere particolare, che interessano in modo speciale i destini del nostro territorio, nel quale gli iscritti più attivamente operano. Spesso al termine di tali dibattiti vengono assunti precisi orientamenti, sui principali dei quali viene sempre informata la pubblica opinione. Ricordo in particolare a questo proposito i problemi da ultimo dibattuti sulla salvaguar-

dia di Venezia e sulla costituzione della città metropolitana di Venezia.

L'iniziativa di quest'oggi si colloca, in questo quadro di attività, nel settore dedicato agli approfondimenti di temi che riguardano da vicino il mondo professionale dei nostri soci.

Quello dei ponti è certamente uno di siffatti temi. Esso ha per di più un fascino particolare perché i ponti sono opere non destinate a soddisfare esigenze ordinarie del vivere, in forma semplice o aulica, come hanno le fabbriche destinate all'abitare, all'esercizio del potere o del culto, alla produzione industriale, al ritrovo culturale o ludico, all'ospitalità del turista e dell'ammalato ecc. I ponti sono infatti strutture sostanzialmente semplici e lineari nei parametri che definiscono la loro funzione, destinate però a risolvere problemi comunque straordinari, anche quando essi sono di entità modesta, perché investite del compito di dare soluzione a nodi cruciali posti lungo le vie di comunicazione tra località che non possono non essere collegate nonostante qualsiasi eventuale ostacolo.

Contengono, i ponti, il fascino irresistibile di elementi destinati a vincere le asperità della natura, a superare gli ostacoli che essa frappone alla realizzazione di disegni studiati dall'uomo per dare un particolare assetto ad un determinato territorio, talvolta limitato nei suoi confini, ma talora anche vastissimo. Spesso emerge imperioso il problema da essi risolto di mettere in relazione luoghi anche assai distanti attraverso la via più breve, che comporta l'onere difficile di superare fiumi, avvallamenti e addirittura tratti di mare.

Questo tema il Consiglio direttivo del Collegio degli ingegneri della provincia di Venezia ha ritenuto opportuno che, per il momento, fosse affrontato non nei concreti aspetti che riguardano le problematiche strettamente ingegneristiche dell'impostazione di tali strutture e del dimensionamento di questi elementi che nelle varie tipologie li rendono stabili e percorribili, ma con un approccio di natura culturale di carattere generale che privilegiasse le considerazioni sull'evoluzione storica della tecnica e delle forme dei ponti negli ultimi tempi e le prospettive di tale evoluzione che si prospettano per il futuro più vicino.

In particolare il Consiglio direttivo ha voluto che in questo quadro rientrassero (e non solo a puro titolo esemplificativo) le vicende veneziane che rivestirono in materia un ruolo di protagoniste sin dalla metà dell'Ottocento, con la creazione del lungo ponte ferroviario translagunare, fino ai primi decenni del secolo XX, con le realizzazioni coraggiose ed esemplari di Eugenio Miozzi (il ponte translagunare automobilistico e i ponti degli Scalzi e dell'Accademia), nostro illustre collega che non pochi di noi ebbero modo di conoscere. Senza peraltro dimenticare d'illustrare in questo capitolo veneziano la prospettiva che agli inizi del XXI secolo Venezia sia caratterizzata dalla creazione di un altro ponte dalle non comuni fattezze, testimonianza di una città desiderosa in concreto di razionale e meditato rinnovamento, non più dedicata finalmente solo al piangere le sue (vere o presunte) sventure.

Considerato il taglio con cui si è voluto affrontare il tema si è deciso che il suo svolgimento, affidato ad illustri esperti, non fosse esclusivamente rivolto agli iscritti al Collegio ma che avvenisse in modo da coinvolgere tutti coloro che nella nostra città dimostrassero a suo riguardo interesse. In modo particolare i colleghi architetti, considerato che la costruzione dei ponti è impegno che esige la sinergica collaborazione interdisciplinare sia dell'ingegnere che dell'architetto. Di questa necessità siamo tanto convinti che la scelta della sede di questo convegno non è avvenuta a caso. Essa ha trovato peraltro collaborazione e generosa disponibilità nel prof. Folini e nel prof. Siviero, che torno a ringraziare con particolare riconoscenza. Nel concludere questo mio intervento d'introduzione ai lavori del convegno sento il dovere d'esprimere anche un particolarissimo ringraziamento a tutti i relatori che con tanta generosità hanno accolto la preghiera di voler con noi collaborare in modo così determinante, attraverso le loro autorevoli relazioni, alla realizzazione di questa iniziativa, nonché coloro che tanto si sono prestati nei non pochi né semplici adempimenti organizzativi, in modo particolare il collega ing. Camillo Conigliaro e la dott.ssa Laura Facchinelli, la quale ha avuto anche un ruolo determinante nell'ideazione di questo convegno. •

IL PONTE FERROVIARIO IN LAGUNA

Progetti e motivazioni delle scelte ottocentesche

Laura Facchinelli

Studiosa dei trasporti
Responsabile delle relazioni esterne
per il Veneto delle Ferrovie dello Stato

Il ponte ferroviario è stato il primo collegamento stabile fra la Venezia storica, insulare, e la terraferma: prima si poteva attraversare la laguna soltanto con le barche. Vediamo come i nostri progenitori sono arrivati a realizzare, oltre 150 fa, quell'opera grandiosa che – è il caso di ricordarlo – è ancora in esercizio.

Le prime proposte di collegamento

L'idea di un collegamento con la terraferma sembra sia stata espressa per la prima volta nell'anno 1763 dal doge Marco Foscarini, che con tale soluzione avrebbe inteso trovare nuovi sbocchi alle attività commerciali della Serenissima. Se in quel momento apparve una follia, nei primi decenni dell'800 quell'intenzione si andò pian piano affermando. Nel periodo napoleonico, per esempio, si pensò di congiungere la zona dell'Arsenale con la terraferma in località Cavallino. Nel 1823 un certo Luigi Casarini disegnò, da Campalto alla Sacca di Sant'Alvise, un ponte che doveva servire a rivitalizzare una zona marginale e assai povera della città. Lo studioso pensava ad una strada percorribile sia in carrozza che a piedi, ombreggiata da filari d'alberi, con una grande piazza nel mezzo, per consentire la sosta dei passanti; a Venezia doveva sorgere una stazione postale con stalle e rimesse.

A quel progetto si opponevano due ordini di problemi (che si sarebbero ripresentati nei successivi progetti): occorreva garantire sia la sicurezza della città sotto il profilo strategico-difensivo, sia l'integrità e l'equilibrio naturale della laguna. E poi c'erano le critiche degli irriducibili che, al di là dell'utilità di un ponte di collegamento, vi scorrevano uno stravolgimento delle consuetudini secolari e della natura stessa della città.

La prima volta che si pensò ad un ponte per portare a Venezia la ferrovia fu nel 1830 (da notare che il primo treno circolava in Inghilterra da appena 5 anni, ma in Italia non esisteva ancora nessuna linea). Il disegno proposto dall'ingegner Baccanello col capomastro Biondetti-Crovato era molto audace: si trattava di condurre il ponte fino alla Giudecca facendo sviluppare il binario lungo il margine meri-



G. Bertoja, veduta di Venezia illustrativa del progetto redatto da Baccanello e Biondetti-Crovato per condurre la ferrovia lungo la Giudecca fino all'Isola di S. Giorgio (1830 ca.). Per la prima volta si prevede di collegare la città alla terraferma con una linea ferroviaria.



Pianta della laguna veneta, dal Forte di Marghera al Porto del Lido, firmata da Giovanni Milani. Vi è disegnato il ponte ferroviario, parallelo al canale di San Secondo.



Stampa raffigurante il ponte secondo il progetto del Meduna.

dionale dell'isola, con attraversamento del canale di San Giorgio. Proprio là, nell'isola di San Giorgio Maggiore, in quell'oasi di tranquillità e cultura che oggi conosciamo, i progettisti avevano immaginato la stazione ferroviaria, con i binari, i fabbricati e tutte le attrezzature occorrenti per un notevole movimento commerciale: il tutto affacciato sul bacino di San Marco, che allora ospitava le attività portuali. Per fortuna – possiamo dire – quell'idea non ebbe seguito.

Cinque anni dopo (1835) venne proposta alla Camera di Commercio di Venezia, affinché se ne facesse portavoce presso il Governo di Vienna, la costruzione di una ferrovia che congiungesse le due capitali del Regno Lombardo-Veneto, Milano e Venezia. La Camera di Commercio, avuta conferma dell'interesse del governo, nominò una commissione con l'incarico di studiare il progetto. Venne interessata anche la Camera di Commercio di Milano. Il 26 maggio 1836 le due commissioni si incontrarono a Verona, e l'anno successivo una Risoluzione Sovrana concedeva il «Privilegio», un riconoscimento che garantiva i promotori dalla concorrenza di analoghe iniziative.

Venne costituita una società pubblica di azionisti, che assunse la denominazione di «Privilegiata Strada Ferrata Ferdinanda Lombardo-Veneta». Una volta scelto l'itinerario, che si volle far passare per le maggiori città del Regno (Brescia, Verona, Vicenza, Padova) per garantire utilità e rendimento economico dell'impresa, venne avviato il progetto esecutivo. L'incarico andò all'ingegnere Giovanni Milani, un veronese che aveva maturato una certa esperienza di ferrovia. Il tecnico stesero poi il progetto definitivo, che venne reso pubblico nel gennaio del 1840 e approvato tre mesi più tardi.

Progetto di Tommaso Meduna per un ponte ferroviario

Ma prima di esaminare le soluzioni proposte dal Milani per il ponte translagunare, ricordiamo che il primo progetto era stato predisposto dall'ingegnere Tommaso Meduna.

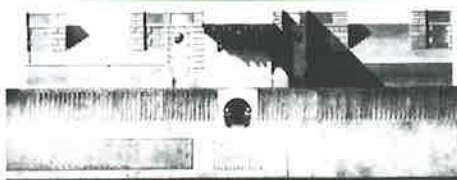
La proposta di un ponte in muratura fra Venezia e la terraferma venne presentata già al congresso di Verona del 1836. La commissione fondatrice veneta riteneva necessario che una tale struttura venisse realizzata, per porre fine all'isolamento che danneggiava pesantemente la città di Venezia. Inoltre la strada ferrata, a parere della commissione, sarebbe rimasta incompiuta se il treno si fosse arrestato sul margine della laguna, costringendo i viaggiatori ad affidarsi al lento trasporto sulle barche, in balia dei venti. La realizzazione dell'opera si prospettava, però, impegnativa sul piano tecnico e soprattutto sul piano finanziario. Dapprima si propose di far gravare gran parte della spesa sulla città di Venezia, ma il congresso decise che la società ferroviaria avrebbe sostenuto l'intero costo, a condizione che non superasse i 4 milioni di lire austriache. In tali termini la commissione si esprime nella supplica che presentò al sovrano.

Fu a quel punto che l'ingegnere Tommaso Meduna venne incaricato di redigere un progetto del ponte. Cinque erano le soluzioni ritenute possibili per il tracciato. La prima linea partiva da Mestre, passava a sud del Forte di Marghera, scorreva parallelamente al canale di San Secondo seguendo la via consueta delle barche, giungeva a San Giobbe. La seconda linea era molto simile ma faceva capo alla Sacca di Santa Lucia. La terza passava a nord del canale di San Secondo giungendo alle Penitenti, la quarta andava da Fusina a Santa Marta. Una quinta linea, molto più lunga, collegava Fusina all'isola di San Giorgio percorrendo (come già avevano previsto Baccanello e Biondetti-Crovato alcuni anni prima) la lunga isola della Giudecca lungo il lato meridionale. I pareri sulla soluzione da adottare erano discordi, soprattutto riguardo alla scelta fra Fusina e Mestre.

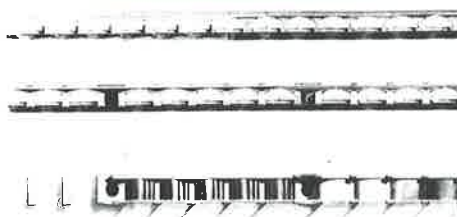
Meduna, nel suo progetto, seguì la seconda delle ipotesi che abbiamo ricordato. Il ponte, lungo 3477 metri, doveva partire dalla località San Giuliano in terraferma, giungendo a Venezia in corrispondenza della Sacca di Santa Lucia. Altre caratteristiche del ponte: 234 arcate, 8 metri di larghezza, sufficienti per un solo binario, con due marciapiedi laterali per il transito dei pedoni (previo pagamento di pedaggio) e filari di alberi per dare ombra. La struttura di mattoni, che doveva essere rifinita con profili di pietra d'Istria, prevedeva alcune piazze intermedie: in quella centrale i viandanti avrebbero trovato riparo sotto una tettoia. Meduna scartava il legno come materiale da costruzione perché, pur economico al momento della costruzione, in seguito avrebbe comportato molte



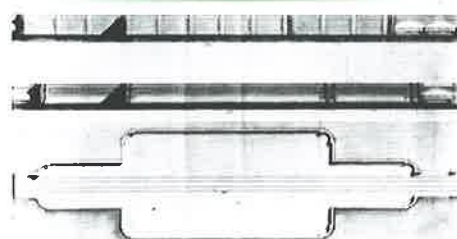
Particolare della tav. IV del progetto Milani, col ponte girevole.



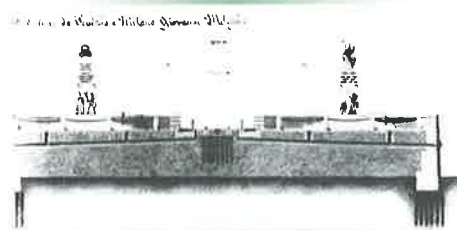
Particolare della tav. V con sezione trasversale.



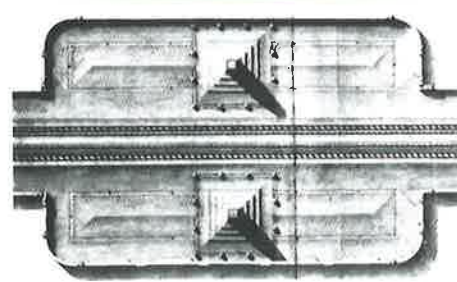
Prospetto e sezioni del ponte.



Prospetto e pianta della piazza centrale.



Sezione trasversale della piazzola centrale con i monumenti uguali per forma, disegnati dal Milani con finalità celebrative.



Particolari della tavola VI con pianta della piazzola centrale nel punto di maggior larghezza. Al centro di ciascuna area sporgente sulla laguna sono evidenziati i monumenti (vedi figura precedente), ciascuno dei quali è circondato da 12 colonnine disposte in forma di recinzione quadrata.

spese di manutenzione e, durante il transito dei convogli, fastidiose vibrazioni che avrebbero impressionato i viaggiatori.

Come era nata l'idea di allargare il ponte in più punti, formando delle piazzette? Lo studioso Carlo Cattaneo, nell'illustrare il progetto del ponte, spiegava che, data la notevole lunghezza della struttura, l'illusione ottica avrebbe fatto scorgere una zona piccolissima, coi lati convergenti quasi in una punta; con la nebbia, i viaggiatori avrebbero avuto la sensazione di precipitare verso il mare. Gli slarghi servivano per dissipare quell'effetto impressionante, oltre che per rendere più solida la costruzione e per abbellirla. Inoltre le isolette sarebbero risultate utili durante la costruzione, come punti di ricovero degli operai e dei materiali. Quanto alle fondazioni, a due metri e mezzo di profondità rispetto alla comune alta marea c'era uno strato abbastanza compatto, tale da potervi collocare le fondamenta. Per consolidare il terreno, Meduna pensava di conficcarvi una serie di pali di legno lunghi da 3 metri e mezzo a 5 metri. Presentato ufficialmente, il progetto di Meduna venne bocciato dal Consiglio Aulico di Guerra; anzi, per motivi di difesa, venne bocciato qualunque ponte in muratura attraverso la laguna. Era possibile – si precisò – soltanto un ponte in legno che attraversasse il forte di Marghera, ma senza selciatura e munito di ponti levatoi, così da poterlo incendiare e distruggere in caso di bisogno. Più tardi venne concesso un permesso di massima, ma solo per un ponte di legno.

Il disegno di Giovanni Milani

Nel 1837, come abbiamo visto, venne conferito l'incarico al Milani. Gran parte dell'elaborato che vide la luce tre anni dopo era dedicata proprio allo studio della laguna veneta e al disegno del ponte. Da un'analisi accurata, il «paludo di San Secondo» risultò libero da correnti. In terraferma si poteva partire dal Forte di Marghera, il quale proprio grazie al collegamento avrebbe meglio assolto il proprio compito difensivo. Dovendo scegliere la linea esatta del ponte, Milani precisava che il manufatto non doveva deviare il partiacque né contrastare le correnti, e doveva intersecare il minor numero possibile di canali: solo a tali condizioni poteva essere mantenuto l'equilibrio di quell'ampio bacino.

A Venezia, per la stazione, conveniva scegliere un luogo sgombro da fabbricati (e in tal senso andava benissimo la Sacca di Santa Lucia, che comprendeva l'orto Petich e soltanto due case

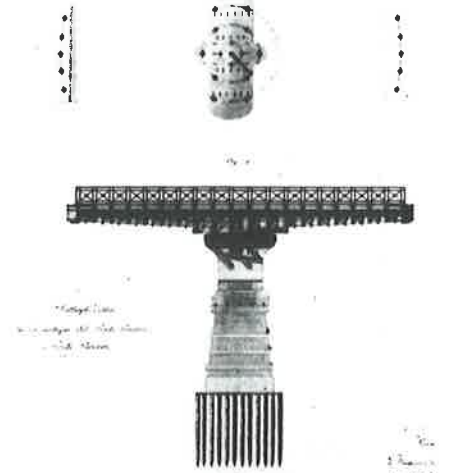
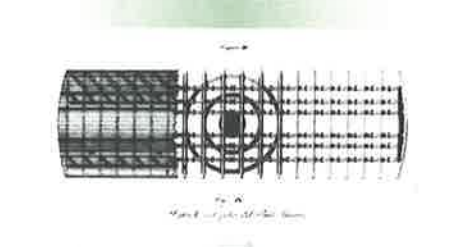
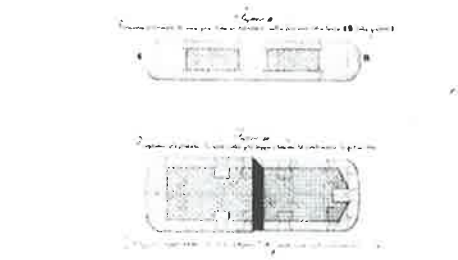
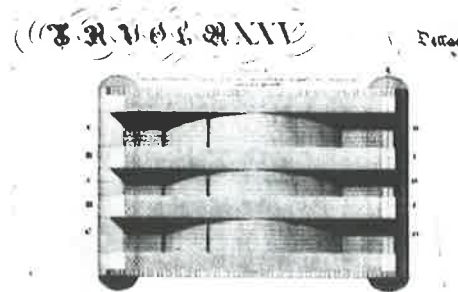
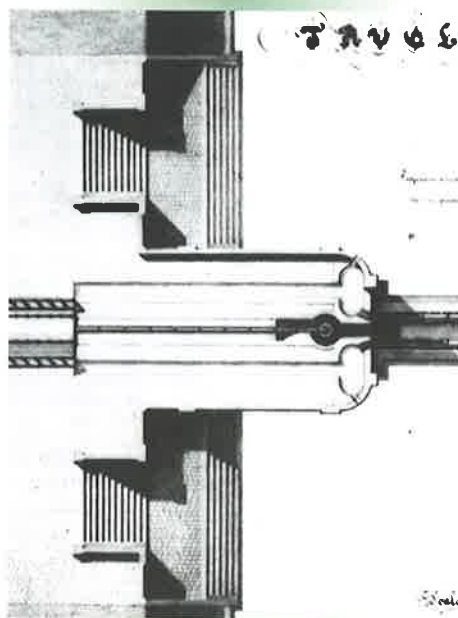
da demolire per far affacciare la stazione sul Canal Grande). Meglio, poi, un luogo di facile approdo per le barche (e la Sacca era vicina al Canal Grande). E a proposito di barche, dato che il ponte attraversava il canale Colombola, Milani si proponeva di tagliarlo con una struttura girevole, per consentire il transito dei navigli. Fra le due testate in muratura, da costruirsi sulle rive del canale Colombola, doveva situarsi, proprio al centro del canale, un pilone. Su quel pilone doveva muoversi e girare in senso orizzontale il ponte di legno, imperniato su una grossa asta di ferro.

Milani riproponeva i marciapiedi pedonali, separati dalla sede ferroviaria mediante una palizzata di legno, e collocava lungo il ponte anche una condotta di acque dolci e una del gas per l'illuminazione della città. Problema: come garantire la continuità delle condotte, in corrispondenza del ponte girevole? Soluzione: occorreva passare in un tunnel sotto la laguna. Secondo il progetto Milani, il ponte doveva misurare, in lunghezza, 3.486 metri, più 61 della struttura di legno apribile.

Per il lungo ponte translagunare si proponeva una struttura di mattoni con rivestimenti di pietra d'Istria. Per economia sarebbe stato costruito un solo binario: una scelta che, secondo il progettista, non avrebbe posto alcuna limitazione all'esercizio ferroviario, dato che si trattava dell'ultimo tratto della linea. Viceversa non mancava un apparato celebrativo della grandiosità dell'opera concessa dall'Imperatore: sui due lati della piazza centrale, in particolare, erano previsti due monumenti uguali e simmetrici a forma di stele.

In sintesi, erano parecchie le somiglianze fra il ponte progettato da Milani e quello già disegnato dal Meduna (misure, presenza delle cinque isole intermedie, una maggiore e quattro minori). Si aggiungevano, come abbiamo visto, il ponte girevole e gli approdi a gradinate sulle due testate. Era, inoltre, prevista l'illuminazione del lungo percorso con fiammelle a gas.

Contro il disegno di Milani si scatenarono le polemiche, protagonista delle quali fu il Cattaneo. Anzitutto Cattaneo accusò Milani di aver copiato il progetto di Meduna, ma i suoi attacchi puntavano soprattutto sul ponte girevole, proponendo, in alternativa, di far finire il ponte prima di arrivare a Venezia e di costruire la stazione staccata, sì, dalla città (che in tal modo avrebbe conservato il proprio virginale isolamento) ma ben collegata per via d'acqua. Anzi Cattaneo suggeriva di non costruire nessun ponte (tanto, di-



Altri dettagli del progetto Milani.

ceva, non era certo quel breve tratto di ferrovia a promuovere lo sviluppo commerciale) e di far attestare la ferrovia a Mestre: da lì si poteva raggiungere Venezia, come si era sempre fatto, con barche a vapore, in modo rapido e molto più economico.

Milani replicò spiegando le ragioni delle sue scelte. Controreplica di Cattaneo: ma cosa sarebbe successo in caso di guasto di quel fragile giocattolo del ponte girevole? Come trasportare dalle rimesse della stazione le macchine di ricambio: si pensava, forse, di metterle su una gondola? Meglio era, allora, costruire la stazione sull'ultima piazza del ponte, staccata dalla città, oppure collegata, sì, con un ponte levatoio, ma solo per le persone e le merci, non per il transito dei convogli.

La costruzione su disegno di Andrea Noale

Nel 1840 il Milani si ritirò per divergenze insorte con la direzione della società, e le funzioni di ingegnere in capo vennero assunte da Luigi Duodo.

Nell'anno 1841 iniziarono i lavori di costruzione della ferrovia Ferdinandea contemporaneamente in tre settori: la stazione di Venezia, il ponte sulla laguna e il tronco di terraferma da Mestre in avanti.

Per primo venne condotto a termine il tronco di ferrovia da Marghera (ponte dell'Anconetta) a Padova: al momento dell'inaugurazione (12 dicembre 1842) le stazioni intermedie erano fissate a Mestre, Marano e Dolo. Era la terza linea realizzata in territorio italiano, dopo la Napoli-Portici (1839) e la Milano-Monza (1840).

Alla fine del 1843 vennero attivati i 1.400 metri sulla terraferma da Marghera a San Giuliano, fino al margine della laguna.

Fino all'attivazione del ponte, il servizio ferroviario veniva completato da un collegamento per via d'acqua effettuato, sempre dalla Società della Strada Ferrata, per mezzo di barche che facevano capo alla stazione provvisoria di Venezia: quest'ultima era collocata alle Penitenti, in prossimità di San Giobbe.

Le discipline per l'uso del treno vennero pubblicate sulla *Gazzetta Privilegiata di Venezia*. In seguito all'attivazione della ferrovia ci si premurò di assicurare la popolazione riguardo ai timori suscitati dalla velocità dei convogli.

Tornando al ponte, l'ingegner Meduna, incaricato di riesaminare il progetto Milani, vi apportò alcune modifiche, riducendone il prezzo di perizia. Fu su quella base che il 7 aprile 1841 venne stipulato il contratto prelimi-

nare con l'impresario Antonio Busetto detto Petich, uno dei più esperti nella realizzazione di opere di notevole complessità. Nel contratto definitivo, all'appaltatore verranno concessi 54 mesi di tempo per la realizzazione dell'opera. La prima pietra venne posata il 25 aprile alla presenza dell'arciduca Ranieri, Viceré del Regno Lombardo-Veneto.

I lavori partirono il successivo 10 maggio dalla fondazione della piazza maggiore. La direzione venne affidata a un ingegnere che aveva collaborato col Milani, Andrea Noale, il quale ricevette incarico di elaborare un ulteriore disegno del ponte.

Le differenze del progetto Noale rispetto ai due precedenti furono notevoli. La lunghezza del ponte, che doveva svilupparsi su 222 arcate, era di 3.602 metri. In un opuscolo pubblicato alcuni anni dopo (1855) si spiegherà che le differenze delle lunghezze dei tre ponti progettati dipendeva

«dall'aver il Meduna progettato dalla Sacca S. Lucia al primo paludo scoperto dalle acque alla steconata di confine doganale presso S. Giuliano; il Milani dall'essere partito pure dalla punta di S. Lucia e dall'aver progettato il termine del suo ponte poco più a lungo del Meduna e sullo stesso paludo, per cui succedeva al ponte un piccolo tratto d'argine, e poi un altro ponte attraverso il canal vecchio di Mestre. Colla posizione e maggior lunghezza del ponte eseguito si attraversa anche il canal vecchio di Mestre, si è lasciato spazio di allungare la stazione di Venezia a S. Lucia».

Erano previste quattro piazze minori e una maggiore al centro del manufatto. La larghezza veniva portata a 9 metri, una misura calcolata per potervi allestire due binari.

Il ponte di Noale, pur essendo più lungo e più largo dei manufatti disegnati il precedenza, e pur prevedendo uno splendido parapetto di pietra d'Istria e decorazioni di bugnati applicate a 36 piloni, veniva a costare meno dei precedenti.

Piacque tanto, quel progetto, che venne senz'altro adottato, anche se nel 1842 cessò dal servizio il Duodo e tornò il Milani (mentre Noale conservava la direzione dei lavori). Proprio in quell'anno si decise di omettere il ponte girevole sul canale Colombola: in alternativa, dapprima si pensò di ampliare il rio della Crea per aprirlo alla navigazione, poi si tralasciò anche quell'ipotesi.

Da un resoconto del Noale sappiamo che nel gennaio 1844 i lavori erano compiuti al 60 per cento, comprendendo le due testate, la piazza maggiore e tre delle piazze minori, all'incirca due terzi delle pile, un terzo delle



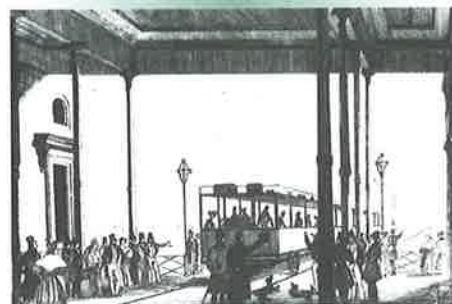
A. Musatti, stampa raffigurante la solenne cerimonia per la collocazione della prima pietra del ponte sulla laguna, svoltasi il 25 aprile 1841 alla presenza dell'arciduca viceré Ranieri.



Lapide murata (e tuttora esistente) sotto il 222° arco del ponte ferroviario, con la cui chiusura venne ultimata la costruzione dell'opera.



Acquerello originale di G. Pividor raffigurante la cerimonia inaugurale del ponte, che si svolse l'11 gennaio 1846 alla presenza dell'arciduca Ferdinando d'Austria.



Stampa raffigurante l'arrivo del primo treno nella stazione di Venezia.



Stampa raffigurante il ponte sulla laguna affiancato da numerose imbarcazioni.

arcate. Era dunque compiuto il lavoro più impegnativo, dato che la costruzione delle arcate era facile una volta predisposte le pile. Alla fine dell'anno erano già compiuti i tre quarti dell'opera.

Vediamo qualche particolare costruttivo. Sopra i pali di fondazione (si impiegavano circa 80.000 pilotti di larice) veniva collocata una copertura di travi di larice a mo' di graticcio. Gli archi venivano coperti di cemento, e sopra si formava un terrapieno battuto. Sopra quel terrapieno, per una maggior protezione delle volte, si poneva uno strato di asfalto naturale. Per la parte in muratura vennero impiegati 16 milioni di mattoni, e 15 mila «sterchi» di pietra da taglio vennero utilizzati per fasce e parapetti di finitura. Lungo i parapetti si costruivano, uno per ogni lato, i canali in muratura che dovevano racchiudere i tubi in ghisa per la condotta dell'acqua potabile. In corrispondenza del canale Colombola venne costruita una campata di legname lunga 15,80 metri e larga 10, coperta da un'impalcatura di travi di larice: un tal modo, non solo avevano libero corso le acque del canale, ma potevano anche transitare le barche di comune portata. I lavori della campata di legname come quelli della stazione provvisoria erano stati diretti dal Meduna.

Da notare, infine, che nel ponte erano state previste 48 camere da mina: quell'accorgimento consentiva di far saltare il ponte in caso di attacco nemico.

Quanto alla forma, in un opuscolo pubblicato per l'inaugurazione si precisava che «il carattere architettonico del ponte è di stile romano. Bugnato generalmente in tutte le pile e nei basamenti dei piloni, delle piazze e delle testate... Il parapetto è di forma attica, massiccio sopra le arcate, a trafori di colonnette nelli piloni maggiori ed a comparti di trafori nelle piazze».

La spesa per la realizzazione fu di 5 milioni di lire austriache, un milione più della spesa originariamente prevista nel contratto. Durante la costruzione c'erano stati forti contrasti fra Noale e l'ingegnere in capo, e mentre si concludevano i lavori sorse una controversia fra la società e l'appaltatore, perché questi avanzava delle pretese eccessive.

Nella costruzione furono impiegati 83 tagliapietre, 52 falegnami e «sque-rajoli», 154 muratori e manovali, 487 battipali, facchini ed altri di mestieri diversi: ogni giorno operavano circa mille persone sul luogo di lavoro, senza contare gli uomini impegnati nei boschi per la fornitura del legname, nelle cave dell'Istria per il ta-

glio della pietra, nelle fabbriche di mattoni e nelle ferriere. Inoltre si utilizzavano continuativamente 46 barche per il trasporto di legnami o altri materiali, mentre 14 bastimenti viaggiavano regolarmente dall'Istria a Venezia per trasportare in laguna la pregiata pietra bianca.

Il ponte venne portato a compimento, dall'appaltatore Antonio Busetto Petich, negli ultimi mesi del 1845: nella lapide che si trova ancor oggi murata sotto il 222° arco, leggiamo la data 27 ottobre 1845.

Il 4 gennaio 1846 venne effettuata una corsa di prova sull'intera linea da Venezia a Vicenza (contemporaneamente all'attraversamento lagunare, infatti, era stato costruito anche il tronco da Padova alla città berica), e il percorso venne compiuto in meno di due ore.

Il grande ponte sulla laguna venne inaugurato il successivo 11 gennaio alla presenza dell'arciduca Ferdinando d'Austria e del conte Giovanni Correr, Podestà di Venezia, con grande concorso di folla. La costruzione di quell'opera imponente era durata meno di cinque anni: questo malgrado i contrasti, a volte assai duri, sorti fra i responsabili dei lavori. Ma soprattutto il risultato è sorprendente tenendo conto che, a metà Ottocento, si costruiva a forza di braccia, avvalendosi di attrezzi molto semplici e potendo fare affidamento, per il trasporto di materiali in terraferma, solo di carri a trazione animale. Quando la città di Venezia, nel 1848 e nell'anno successivo, venne stretta d'assedio da parte degli austriaci, il ponte ferroviario divenne un punto di riferimento fondamentale. La città infatti era difesa, oltre che dalla presenza della laguna, dal sistema creato sull'estrema gronda lagunare, imperniato attorno alla testa di ponte della ferrovia, e il fulcro era il Forte di Marghera. Proprio su quel punto di resistenza si scatenò una pesante offensiva nemica nel maggio 1849. Prima di lasciare la fortificazione danneggiata dalle bombe, il comandante della guarnigione decise di distruggere cinque arcate del ponte ferroviario in terraferma, per impedire che venisse usato dal nemico per avvicinarsi alla città. Poi la linea di difesa venne ancora arretrata, e fissata sull'ampio piazzale a metà del ponte ferroviario, mentre si abbattevano altre 17 arcate (si lavorava a forza di braccia, dato che le mine predisposte dal costruttore risultavano ben poco efficaci). Mentre la battaglia continuava sul ponte, la città, prostrata dai bombardamenti nemici e dal colera, fu costretta a cedere. Le arcate distrutte vennero ricostruite, e il ponte venne riaperto il 29 giugno 1850.



In alto: bombardamento di Venezia durante l'assedio austriaco degli anni 1848-49. Sotto: momento della battaglia sul ponte.



Pianta di Venezia di Jacopo de' Barbari, 1500. Particolare della zona con le chiese del Corpus Domini e di Santa Lucia.



A. Quadri, particolare della fondamenta di Santa Lucia.



Bernardo Bellotto, Canal Grande con la chiesa di Santa Lucia.

Un cenno alla Stazione di Santa Lucia

Il punto di innesto del ponte ferroviario nella città di Venezia era fissato, come abbiamo visto, nella sacca di Santa Lucia. Per comprendere quali problemi si affrontarono per costruire la stazione, teniamo presente che c'era, sì, quel vasto spazio libero da costruzioni che era l'orto Petich, ma poco oltre si innalzavano chiese e palazzi di nobili famiglie che si affacciavano sul Canal Grande. Partendo dalla chiesa dei Padri Carmelitani Scalzi e proseguendo verso il canale di Santa Chiara, si trovava il palazzo Rezzonico-Bragadin, poi palazzo Lion, che era seguito dalla chiesa palladiana dell'Annunciazione, detta di S. Lucia, con l'annesso convento. Più avanti, oltre la scuola dei Nobili, c'era la chiesa col convento del Corpus Domini, e non mancavano giardini e spazi verdi. Con l'inserimento delle strutture ferroviarie, quella zona era destinata a subire un mutamento radicale, con la demolizione degli edifici e la drastica riduzione della vegetazione. Tuttavia, da zona marginale, sarebbe diventata punto nevralgico della città.

Intorno al 1840, mentre si pensava al ponte, vennero elaborati vari progetti per la nuova stazione. Secondo Giovanni Milani, dal ponte i convogli dovevano incunearsi in un lungo piazzale. Il fabbricato dei viaggiatori doveva sorgere sul lato est, stretto fra la chiesa di Santa Maria di Nazareth e quella di Santa Lucia. Approvata quella soluzione, partirono gli espropri per acquisire l'area occorrente. Nei locali che man mano espropriava, la società della Strada Ferrata Ferdinandea Lombardo-Veneta allestiva i servizi per passeggeri, finanza e polizia. Intanto provvedeva ad interrare la Sacca così da innalzarne e uniformarne il livello.

Ben presto quella sistemazione provvisoria apparve insufficiente. Intorno al 1850 si tentarono progetti volti ad avvicinare il traffico ferroviario a quello marittimo, l'uno attestato a Santa Lucia, l'altro storicamente insediato nel bacino di San Marco. Uno dei progetti prevedeva un «entrepôt» nelle adiacenze della stazione ferroviaria, ma quell'idea lungimirante venne presto abbandonata, e si ripresero i programmi limitati alla stazione. Ben presto risultò chiaro che non era possibile adattare i locali preesistenti. Il progetto definitivo della nuova stazione prevedeva la demolizione della chiesa di Santa Lucia.

Il complesso della nuova stazione, che comprendeva fabbricato viaggiatori, magazzini e uffici della società, venne ultimato prima del passaggio del Veneto all'Italia (1866). Il fabbricato dei

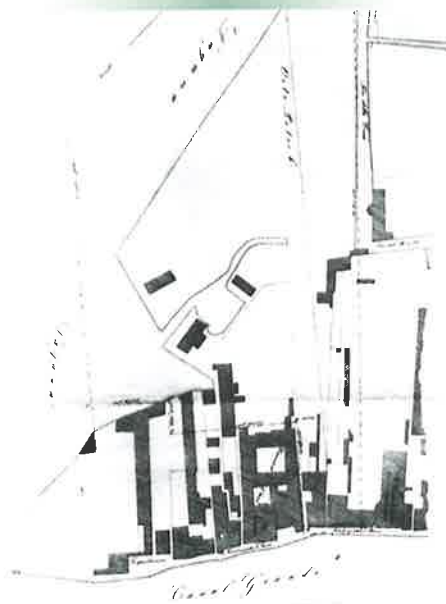
viaggiatori, che s'affacciava sul Canal Grande, presentava un corpo centrale basso e due elementi laterali che si elevavano con un piano superiore. Nella parte centrale c'era un atrio, il quale dava accesso ai quattro binari coperti da una tettoia di metallo e vetro. I binari erano chiusi da due lunghi fabbricati laterali sia sul lato arrivi che sul lato partenze, e quindi era difficile pensare a successivi ampliamenti.

Nel 1880 venne attivata la stazione ferroviaria marittima, nella zona fra Santa Marta e Santa Chiara. Si completava così il rovesciamento verso il continente della vocazione di Venezia, storicamente rivolta al mare. La presenza del terminale ferroviario determinò profondi mutamenti anzitutto nella configurazione della città. Guardando, infatti, a quel nuovo polo della vita economico-sociale, si disegnarono nuove direttrici di percorso e si ampliarono le strade esistenti. Un'altra trasformazione importante fu quella dell'economia. La presenza della ferrovia a Santa Lucia, e più tardi nella zona di Santa Marta, valse come forza di aggregazione di attività industriali.

Col Novecento si pose, di nuovo, l'esigenza di potenziare la stazione di Santa Lucia. La configurazione attuale venne realizzato a partire dal 1931 con la costruzione di 14 binari principali, di un ampio fascio di binari per la sosta e la pulizia delle carrozze, di due fabbricati paralleli denominati «ala arrivi» e «ala partenze». Per l'edificio principale, che doveva affacciarsi sul Canal Grande, venne bandito un concorso, che venne espletato negli anni 1934-35. Tuttavia il progetto vincitore non venne attuato, ma invece rielaborato a cura dell'Azienda ferroviaria. Nel 1940 iniziarono i lavori per costruire un nuovo complesso, ma il secondo conflitto mondiale provocò una battuta d'arresto. Nel dopoguerra le ferrovie fecero redigere alcuni progetti dall'architetto Paolo Perilli di Roma. Uno di quegli elaborati venne approvato nel 1950. La nuova stazione venne ultimata nel 1955.

Il secondo ponte ferroviario

Nel Novecento due nuovi manufatti si affiancarono al ponte ferroviario ottocentesco: negli anni Trenta venne, infatti, costruito un ponte stradale (il «Ponte del Littorio» venne aperto al traffico il 25 aprile 1933), negli anni Sessanta, invece, iniziò la costruzione di un nuovo ponte ferroviario. Nel tratto fra Venezia e la terraferma, mentre le strutture del ponte ultracen-



Progetto per la stazione ferroviaria di Venezia.



B. e C. Combatti, particolare della Nuova planimetria della R. città di Venezia: è visibile la prima stazione costruita a Santa Lucia.



La stazione di Venezia completata prima del 1866.

tenario si presentavano pienamente valide, ben diversa era la situazione generale della linea, in quanto la base di supporto delle rotaie, adeguata alle condizioni di esercizio originarie, non consentiva la velocità richiesta dai moderni convogli. Ma un intervento sotto esercizio si presentava estremamente complesso e oneroso. Ed ecco la decisione, da parte dell'amministrazione ferroviaria, di costruire un secondo ponte con una nuova linea modernamente attrezzata. Una volta trasferito l'esercizio sul nuovo manufatto, sarebbe stato possibile eseguire in tutta tranquillità il restauro del ponte ottocentesco, e insediare una linea di moderna concezione.

A quel punto fra Mestre e Venezia ci sarebbe stata una linea a quattro binari, in grado di assorbire il previsto traffico sempre più intenso.

Pertanto nel 1961 venne bandito un appalto-concorso per il nuovo ponte, che doveva affiancarsi al manufatto ottocentesco, eliminandone il parapetto ma rispettandone la sagoma e l'allineamento delle pile. Si chiedeva che la nuova opera fosse espressa «in forma pura e genuina, risultante schiettamente, senza mascherature artificiali, dal tipo di struttura che si intende adottare»; la cura nell'esecuzione avrebbe garantito che le parti a vista fossero esteticamente valide.

Venne prescelto il progetto presentato dall'Impresa Girola. I lavori di costruzione del secondo ponte ferroviario iniziarono nel 1965 dalla parte di Santa Lucia e si conclusero nel 1973, con inaugurazione il 20 novembre 1977. L'isolotto centrale del ponte ottocentesco, dove era sistemato il monumento a ricordo dell'insurrezione degli anni 1848-49, era stato «spostato», ovvero ricostruito, con identica struttura di mattoni, a fianco del nuovo ponte.

Dopo 131 anni di onorato servizio, il vecchio ponte ferroviario era dunque provvisoriamente a riposo. Iniziarono le opere di risanamento: in particolare si era programmato di mettere a nudo le arcate per eliminare le infiltrazioni d'acqua che si erano manifestate nel tempo. Ma ecco che, tolta la massicciata, si constatò che il manto protettivo, costituito da sabbia del fondo lagunare, era integro. Si decise pertanto di mantenerlo, e si provvide ad eliminare le infiltrazioni mediante iniezioni di cemento dal basso. Si sostituì il manto impermeabile di pece con un nuovo strato protettivo e si posero nuove rotaie. Così il ponte ottocentesco è tornato all'esercizio. Nei giorni scorsi ha compiuto 155 anni. •

I PONTI DI EUGENIO MIOZZI A VENEZIA

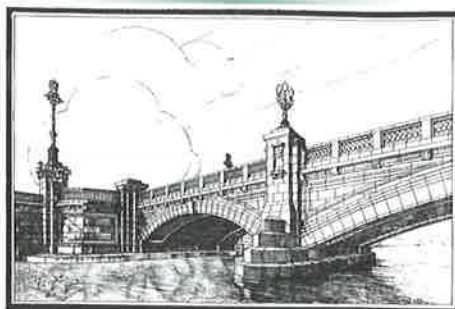
Valeria Farinati

Centro ricerche storiche
e archivistiche

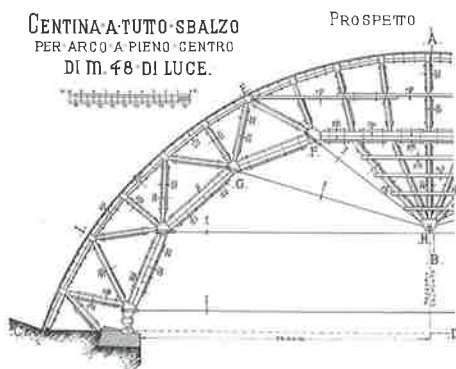
Alla fine dell'anno 1930, l'ingegnere Eugenio Miozzi veniva incaricato dal Ministero dei Lavori Pubblici di elaborare il progetto esecutivo del nuovo ponte autostradale che, dopo annose polemiche, avrebbe dovuto collegare Venezia alla terraferma. Nel momento in cui veniva chiamato a Venezia, Miozzi rivestiva il ruolo di ingegnere capo dell'Azienda Autonoma della Strada per le Province di Belluno, Bolzano e Trento e ormai godeva di una solida fama come costruttore di ponti nelle zone alpine.

Nato nel 1889 a Brescia da genitori anconetani, aveva conseguito nel 1912 la laurea in Ingegneria civile presso la Regia scuola di applicazione per gli ingegneri di Bologna. Nello stesso anno era nominato ingegnere allievo del Corpo reale del Genio civile. I primi venti anni della sua esperienza professionale saranno quindi svolti in qualità di tecnico dello Stato. Nel 1914 veniva inviato in Libia e quindi, durante la prima guerra mondiale, adempiva agli obblighi di leva nell'arma di artiglieria. Dopo il congedo militare riprendeva servizio nel Genio Civile, prima a Udine e poi a Belluno, dove era incaricato di progettare e ricostruire i ponti della provincia distrutti nel corso della guerra. Fra tanti, si possono qui ricordare alcuni esempi, come il Ponte nelle Alpi (1920 ca.) sulla Statale d'Alemagna, il Ponte di Gogna (1920) sul Piave in località Tre Ponti, sulla Statale Carnica e, infine, il Ponte della Vittoria sul Piave, a Belluno.

Quest'ultimo (novembre 1925-ottobre 1926), a una sola arcata, in calcestruzzo armato gettato in conci, con corda della volta di 71,60 metri, veniva definito dallo stesso progettista una delle più ardite costruzioni italiane in base ai coefficienti di arditezza di Resal. L'importanza che l'opera rivestiva è suggerita anche dalla presenza del Re d'Italia a porre il concio di chiusura in chiave, il 23 maggio 1926. Miozzi aveva applicato nel ponte di Belluno un suo metodo «per il razionale tracciamento della fibra media delle volte» e al tempo stesso aveva voluto porre attenzione a che la decorazione rispondesse alla strut-



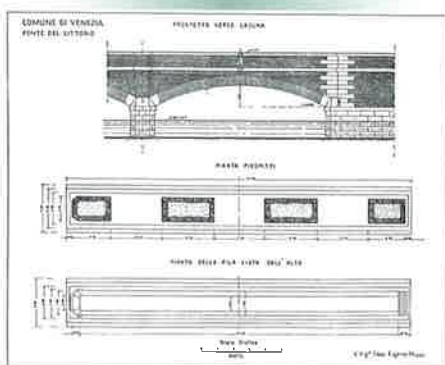
1. Progetto per il ponte Druso a Bolzano, 1930.



2. Centina, in E. Miozzi, *Manufatti stradali*, Milano, 1931.



3. Planimetria generale del ponte stradale di Venezia, in E. Miozzi, *Il ponte del Littorio*, Venezia 1934.



4. Prospetto verso la laguna del ponte stradale di Venezia, in E. Miozzi, *Il ponte del Littorio*, Venezia 1934.

tura del manufatto e mettesse in evidenza le caratteristiche della sua costituzione, l'entità degli sforzi, l'efficienza delle membrature.

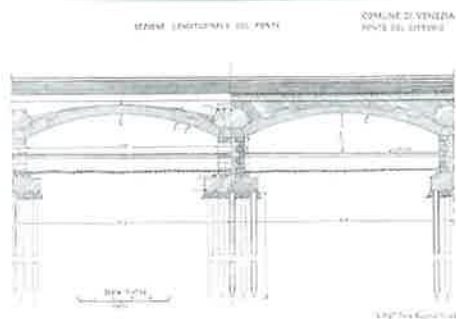
Nello stesso 1926 Miozzi era chiamato a costituire e dirigere l'ufficio del Genio Civile della nuova provincia italiana di Bolzano. Quindi, dal 1928, continuava a realizzare ponti e strade montane in qualità di ingegnere capo dell'Azienda Autonoma della Strada per le province di Belluno, Bolzano e Trento. In questo periodo, per la prima volta, sperimentava, con metodi del tutto originali, l'introduzione preventiva di nuove forze nel sistema di equilibrio della volta, in particolare nel ponte sul torrente Soial, nell'alta valle dell'Avisio. Applicava ancora le nuove teorie degli interventi a priori nella costruzione del ponte di Grigno in Val Sugana (1929-30, distrutto durante la seconda guerra mondiale), trasformando un vecchio ponte metallico austriaco in un ponte a travate in cemento. Una tensione preventiva della parte metallica, che Miozzi definiva «deformazione sistematica», veniva provocata caricando ciascuna delle due travi principali e riducendo via via il carico dopo la gettata di calcestruzzo. Infine, realizzava il monumentale ponte Druso sul torrente Talvera a Bolzano (marzo 1930-ottobre 1931), progettato in collaborazione con l'ingegnere Gilberto Ricci, mentre le decorazioni venivano studiate ed eseguite dallo scultore anconetano Vittorio Morelli. A tre arcate, in cemento armato rivestito di porfido rosa, vi era applicato un sistema ancora una volta ideato da Miozzi e da lui definito delle «lesioni sistematiche», ovvero dei «giunti aperti compensativi», o, ancora, delle «volte postcomprese», poi messo in opera anche nel ponte degli Scalzi a Venezia. Miozzi dimostrava dunque in Italia i vantaggi che si potevano conseguire intervenendo direttamente nel definire le condizioni d'equilibrio dei grandi manufatti. L'intervento preventivo finalizzato ad annullare le forze cosiddette «parassite» nella costruzione delle volte poteva essere ottenuto, secondo lui, in vari modi: introducendo nuove forze nel sistema (il metodo delle «deforma-

zioni sistematiche» applicato nel ponte di Grigno), o praticando speciali lesioni nelle membrature del manufatto, vale a dire predisponendo nell'arco delle soluzioni di continuità opportunamente situate e di ampiezza calcolata (il metodo delle «lesioni sistematiche» applicato nel ponte Druso a Bolzano e poi in quello degli Scalzi a Venezia).

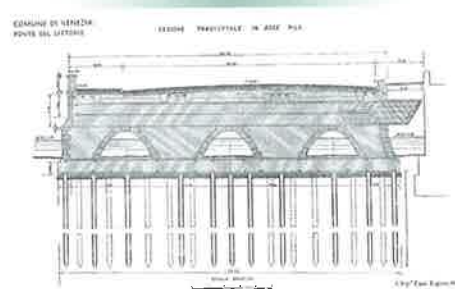
In effetti, la maggior fama gli doveva provenire proprio dall'impulso dato alla diffusione in Italia delle nuove teorie degli interventi a priori nelle costruzioni e dall'originalità dei suoi metodi di applicazione, del tutto diversi da quelli attuati in Francia da Freyssinet. Già prima del 1930, dunque, Miozzi si era trovato ad affrontare la progettazione e l'esecuzione dei tipi più diversi di ponte, adattandosi a varie necessità ambientali e sperimentando originali tecniche di realizzazione e nuovi procedimenti di risoluzione dei problemi strutturali. Porterà a Venezia tale perizia ingegnerile.

Del resto, i frutti della sua ricca esperienza, intorno al 1930, erano già stati sistematizzati in varie pubblicazioni, come il manuale in tre volumi edito tra il 1929 e il 1931 da Ulrico Hoepli, dal titolo *Manufatti stradali*. Nel 1932 avrebbe pubblicato, per gli stessi tipi, i suoi *Calcoli per grandi ponti ad arco*. Per inciso, con l'amico Luigi Santarella, dal 1925 al 1932, avrebbe lavorato anche all'opera *Ponti italiani in cemento armato*. Lo stesso Santarella, in un altro volume, intitolato *Arte e tecnica nella evoluzione dei ponti* (1933), avrebbe ampiamente riprodotto fra le illustrazioni i ponti di Miozzi, senza peraltro citarne l'autore. Le pubblicazioni di Miozzi trovavano eco in Italia, ma venivano anche segnalate, recensite o riportate nei periodici stranieri. Negli stessi anni aveva inizio anche la sua attività di inventore, qualificata da numerosi brevetti di strumenti e sistemi costruttivi.

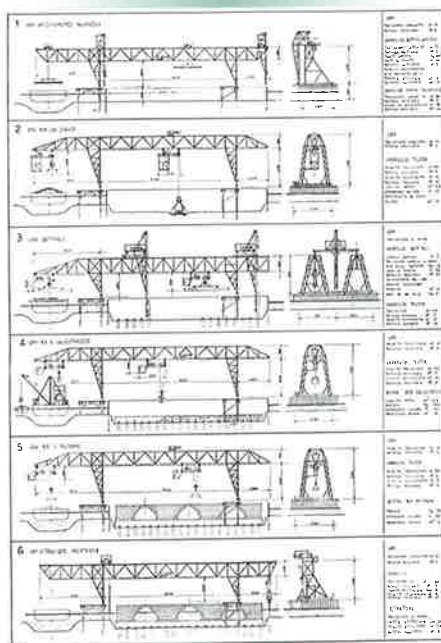
Miozzi dunque, grazie alla propria fama ed esperienza, nonché ai propri appoggi, veniva chiamato dal Ministero dei Lavori Pubblici a risolvere il problema del collegamento stradale di Venezia e di tutte le questioni correlate, la cui risoluzione era allora resa possibile proprio dalla commistione tra l'intervento del Comune e quello dello Stato. Così, lasciato il Genio Civile, il primo febbraio 1931 Miozzi succedeva a Emilio Pietro Emmer nell'incarico di ingegnere capo della Direzione lavori e servizi pubblici del Comune di Venezia. La figura dell'ingegnere capo assumeva allora un enorme potere nelle strutture amministrative comunali modificate dal fascismo, divenendo determinante, sganciata com'era da organismi e



5. Sezione longitudinale del ponte stradale di Venezia, in E. Miozzi, *Il ponte del Littorio*, Venezia 1934.



6. Sezione trasversale del ponte stradale di Venezia, in E. Miozzi, *Il ponte del Littorio*, Venezia 1934.



7. Schema dei diversi carri ponte utilizzati dall'impresa Ferrobeton nella costruzione del ponte stradale, in E. Miozzi, *Il ponte del Littorio*, Venezia 1934.



8. Il ponte stradale in costruzione, in E. Miozzi, *Il ponte del Littorio*, Venezia 1934.

cariche elettive, per i destini delle città italiane.

Dopo il susseguirsi di innumerevoli proposte ottocentesche per ponti stradali dai più diversi tracciati, il problema delle comunicazioni si era ripresentato, agli inizi del Novecento, nei termini della possibilità di accesso a Venezia e ai litorali in automobile, mezzo di trasporto sempre più diffuso e promosso. Risale al 1925, a titolo d'esempio, la proposta di Giacomo Trevisoi per un collegamento stradale della terraferma con la città e i litorali di Lido e Cavallino, che, con l'espediente di strade «mascherate», tentava di dissimulare la penetrazione traumatica delle automobili tra le antiche case di Venezia.

Già, a partire dal 1928, l'ingegnere veneziano Vittorio Umberto Fantucci aveva iniziato a collaborare con la Federazione provinciale fascista, al fine di risolvere il problema dei collegamenti veneziani. Era stata costituita una commissione di esperti e si erano presentati dei piani preliminari a Mussolini. Infine, Fantucci aveva ottenuto dal Comune l'incarico di elaborare il progetto che doveva costituire la base per la convenzione fra Stato e Comune. Quest'ultima veniva firmata il 26 giugno 1930 a Roma, a Palazzo Venezia, dal capo del governo, dai ministri dei lavori pubblici, delle finanze e delle comunicazioni, dal prefetto, dal preside della provincia e dal podestà di Venezia. Vi si autorizzava la costruzione di un ponte per tramvia, automezzi, pedoni e cicli, adiacente a quello ferroviario. Alla spesa dovevano contribuire lo Stato (nella misura del 75 %), la Provincia, il Consiglio provinciale dell'economia e il Comune. Se il progetto di massima dell'ingegnere Fantucci prevedeva un ponte stradale in cemento armato, nell'esecuzione diretta da Miozzi si optava invece per un sistema costruttivo più vicino a quelli tradizionali, decidendo di riprodurre la struttura del ponte ferroviario ottocentesco e di realizzare un manufatto a volte in mattoni su basamento in pietra d'Istria e calcestruzzo, limitando l'uso del cemento armato a quelle membrature in cui era strettamente necessario.

Il nuovo ponte, che, com'è noto, sarebbe stato denominato «del Littorio», (ora «della Libertà»), è posto alla distanza di 2.20 metri dal ponte ferroviario ed è unito a quello da un praticabile in cemento armato formante la pista ciclabile prevista dalla convenzione. È largo 20 metri, non compresi gli aggetti, per una lunghezza complessiva di 3623,58 metri, con colmo della carreggiata a 3,14 metri sopra il Comune marino. Le pile, alte due metri (dal batolo di fondazione all'impo-

sta delle volte), sono eseguite in blocchi di pietra d'Istria, con bloccaggio interno di trachite e malta di cemento, e sono attraversate da tre aperture ad ogiva per facilitare la circolazione dell'acqua e ridurre al minimo le perturbazioni che l'opera avrebbe potuto apportare al regime lagunare. Sopra le pile è posto un blocco di calcestruzzo a sezione esagonale armato con ferri, in modo che le pile stesse assumano la struttura di una trave, costituita da due nuclei estremi parzialmente armati, in grado di resistere anche a notevoli momenti flettenti, ottenendo una solidarietà nel lavoro delle pile in caso di parziali cedimenti delle fondazioni.

Centine mobili venivano condotte sul luogo di impiego con due barche e quindi sospese alle estremità su traverse poggianti sulla sommità delle pile. La sospensione avveniva con lunghi bulloni comandati da un grosso dado posto sulla traversa stessa, in modo da rendere facile sia la posa che il disarmo. A volta compiuta, dopo circa sette giorni, veniva effettuato l'abbassamento della centina sulle barche, che la trasportavano più in là, rimettendola in opera. Con sette centine per ogni cantiere si rendeva così possibile l'avanzamento teorico di un arco al giorno.

La muratura in laterizio, dalle elevate doti di plasticità ed elasticità, offriva la caratteristica di adattarsi e realizzare nel miglior modo la conservazione delle sezioni piane. Al contempo, si riservava una particolare attenzione alla scelta dei mattoni, che dovevano presentare una buona composizione di argille, essere privi di dannosi noduli di calcare e di anidridi fosforiche e offrire un'alta resistenza alla compressione (fino a 515,2 kg per cmq). La pavimentazione della pista ciclabile era realizzata in tappeto bituminoso su di una soletta in cemento armato, quella del marciapiede pedonale in tappeto bituminoso su macadam, quella della carreggiata in macadam con superficie bituminata a penetrazione. Infine, il sottofondo era in trachite euganea e calcare d'Istria, mentre il manto in grandi ciottoli del Piave.

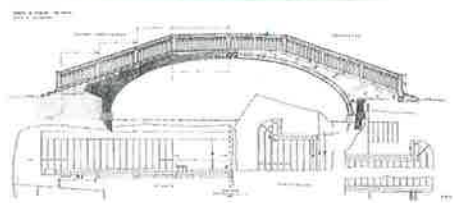
Oltre al ponte di attraversamento della laguna, l'opera si componeva di un ponte per l'attraversamento del Canal Grande, costituito da due grandi arcate in laterizio, ciascuna della luce di 34 metri, su fondazioni di pali in cemento armato, di un breve viadotto in cemento armato attraversante il fascio di rotaie della Stazione marittima, e di una doppia rampa di discesa, da un lato, a Piazzale Roma, dall'altro, alla stessa Stazione marittima.



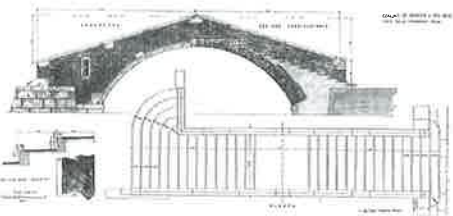
9. I lavori di escavo del Rio Nuovo, in E. Miozzi, *Il ponte del Littorio*, Venezia 1934.



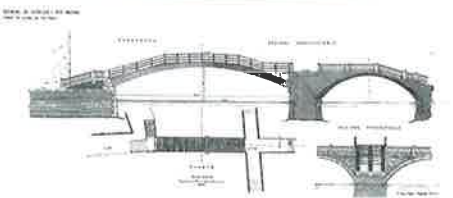
10. Il ponte della Cereria sul Rio Nuovo di sarmato, in E. Miozzi, *Il ponte del Littorio*, Venezia 1934.



11. Ponte di Ca' Foscari sul Rio Nuovo, in E. Miozzi, *Il ponte del Littorio*, Venezia 1934.



12. Ponte sulla Fondamenta Pagan, in E. Miozzi, *Il ponte del Littorio*, Venezia 1934.



13. Ponte in legno sul Rio Nuovo ai Tre ponti, in E. Miozzi, *Il ponte del Littorio*, Venezia 1934.

Il ponte translagunare veniva eseguito da due diverse imprese: l'impresa fratelli Scarpari ne realizzava 541 metri, mentre la Ferrobeton portava a compimento i restanti 3082 metri. Il lavoro della Ferrobeton veniva iniziato a metà, formando così due cantieri procedenti dal centro, l'uno verso Mestre e l'altro verso Venezia, con tecniche di esecuzione d'avanguardia, come l'uso di sei speciali carri ponte appositamente progettati.

Con somma indifferenza per ogni proposta alternativa, il ponte veniva dunque realizzato assai velocemente, sotto la direzione di Miozzi, tra il luglio 1931 e l'aprile 1933, grazie proprio a questa ferrea e innovativa organizzazione del cantiere. Nell'opera si giocava infatti la determinazione del regime fascista nel superare dibattiti e opposizioni, contrastandoli, anche a fini propagandistici, con la rapidità esecutiva di un sistema di potere ormai trionfante in ogni settore della pubblica amministrazione. Oltre che un simbolo della raggiunta fascistizzazione dello Stato e dei poteri locali, il ponte «del Littorio», doveva rappresentare uno dei principali esiti della politica di lavori pubblici promossa tra il 1929 e il 1934, nell'intento di contrastare la grande crisi economica mondiale e i correlati fenomeni di massiccia disoccupazione.

Alla realizzazione del ponte translagunare erano collegati diversi altri interventi nell'area occidentale della città: lo sventramento dell'edilizia storica, abitativa e manifatturiera, dell'area di Santa Croce per far posto al terminale automobilistico di Piazzale Roma; la costruzione dell'autorimessa di Sant'Andrea, interessante esempio di fuori scala razionalista; l'escavo del Rio Nuovo, con la costruzione dei sette ponti pedonali (due in legno e cinque in mattoni e pietra) che lo attraversano.

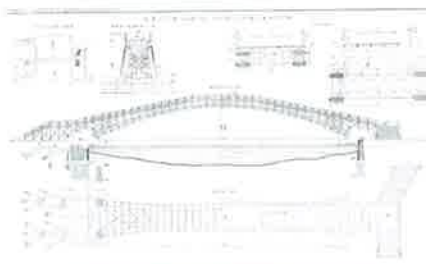
Nato anch'esso da un'idea di Fantucci (il cosiddetto «Canal Piccolo»), il Rio Nuovo doveva collegare rapidamente Piazzale Roma con il Canal Grande e il centro della città, nel tentativo di equiparare il ritmo dei trasporti acquedotti a quello delle comunicazioni di terra, sempre più accelerate. In quest'ottica, i servizi di trasporto, che erano stati municipalizzati prima della guerra, venivano resi più veloci con l'adozione di motoscafi a nafta e di motonavi per i collegamenti con il Lido.

Nei ponti ad arco sul Rio Nuovo, Miozzi impegnava nuovamente le proprie capacità di costruttore. I ponti dovevano infatti rispondere a particolari caratteristiche: dovevano conservare l'esilità specifica dei ponti

veneziani e non potevano essere eseguiti in cemento armato, alterabile dalla salsedine marina. Sarebbero stati tutti sagomati ad ellisse con curvatura minima in chiave (Miozzi li definiva «ad ansa di panier su sagoma d'ellisse»), in modo da consentire il transito dei natanti in qualunque condizione di marea. Ma tale sagoma si discostava molto dalla curva delle pressioni, ragione per cui si rendeva necessario impiegare provvedimenti costruttivi speciali. Miozzi ricorreva allora alla precompressione delle mura- ture in mattoni e pietra d'Istria, met- tendo in tensione un'anima di bronzo fosforoso inattaccabile dalla salse- dine, in modo da comprimere i conci dell'arco: «Lungo la fibra media sono stati disposti dei tiranti metallici per i quali si è impiegato non l'acciaio, ma il metallo Muntz (lega di tre parti di bronzo e due di stagno)». Questi ti- ranti introducevano in ogni concio una compressione riportante la curva delle pressioni nella zona del terzo medio della volta.

Venivano realizzati in questo modo il ponte del Prefetto, ora Papadopoli, in pietra d'Istria e muratura di laterizio, con fondazioni su pali in legno e cal- cestruzzo (luce di metri 18,60); il ponte della Cereria, anch'esso in pietra e muratura di laterizio (luce di metri 14,50) e, ancora, con la stessa tec- nica costruttiva, il ponte della Sbiacca, il Ponte di San Pantalon, ov- vero di Santa Margherita (luce di me- tri 14,50) e il ponte di Ca' Foscari (luce di metri 14,50).

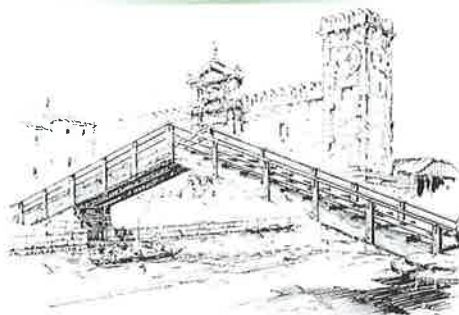
Accanto al ponte della Cereria, Miozzi ricostruiva anche, in muratura di laterizio, il Ponte del Pagan sul Rio dei Tre Ponti (inaugurato nel 1933), dalla sagoma comune a molti ponti veneziani, come il Ponte delle Guglie. Erano invece in legno il ponte provvi- sorio del Monastero, o di Santa Chiara, sulla Fondamenta della Croce (luce di 18 metri), alla con- fluenza del Rio Nuovo con il Canal Grande, oggi ricostruito, e il ponte li- gneo unito ai cosiddetti «Tre Ponti» (luce di 20 metri). Quest'ultimo, che riproponeva il tipo di quello dell'Ac- cademia, era costituito da tre nerva- ture longitudinali formate da un pac- chetto di tavole contenute da due la- mierini di ferro posti ai lembi, saldati e continui, con bulloni che attraversa- vano le tavole e le costipavano. Nel 1934 si aggiungeva all'insieme di quattro ponti così formato, anche un quinto arco, sul rio del Gaffaro. La costruzione del ponte translagu- nare e l'escavo del Rio Nuovo ave- vano inaugurato la stagione dei grandi lavori veneziani, tesi a ridise- gnare il volto dei luoghi della moder- nità. Dopo una lunga serie di propo-



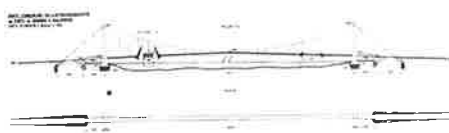
14. Ponte dell'Accademia, in E. Miozzi, *Il ponte in legno sul Canal Grande a Venezia, 1933.*



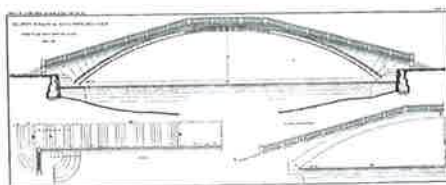
15. Ponte in legno dell'Abbazia di San Gre- gorio, 1936 (collezione Studio Garbuggio in- gegneri associati, Venezia).



16. Ponte in legno dell'Arsenale, o del Para- diso, 1938 (collezione Studio Garbuggio in- gegneri associati, Venezia).



17. Progetto di ponte funicolare per l'attra- versamento delle bocche di porto di Mala- mocco e Chioggia, 1933.



18. Ponte in pietra degli Scalzi, o della Sta- zione, in E. Miozzi, *Dal ponte di Rialto al nuovo ponte degli Scalzi, 1935.*

ste e discussioni e contemporanea- mente a un concorso di idee bandito dal Comune (24 marzo 1932) per un ponte in muratura, in sostituzione del vecchio ponte in ferro Neville, di e- poca austriaca, Miozzi realizzava an- che il ponte in legno dell'Accademia (luce di 48 metri), aperto al transito il 15 febbraio 1933. Nonostante il carat- tere provvisorio del ponte, l'inge- gnere operava in modo di assicu- rarne la durata nel tempo, consen- tendo lo smontaggio e la sostituzione delle singole parti. I gradini riproduce- vano esattamente le dimensioni di quelli del Ponte della Paglia. Restau- rato nel 1948 e nel 1964, veniva rifatto radicalmente tra il 1984 e il 1986, sostit- uendo la struttura portante con una interamente in ferro, rivestita di legno. In seguito, Miozzi avrebbe progettato altri ponti in legno, come il ponte dell'Arsenale, ovvero del Paradiso (1938; luce di 13,80 metri), che ri- corda un precedente ponte apribile settecentesco, e il piccolo ponte dell'Abbazia di San Gregorio, rico- struito nel 1936.

L'antologia di ponti progettati da Miozzi per Venezia conta persino dei ponti sospesi, sul modello delle grandi strutture americane di fine Otto- cento, come i ponti sul Niagara, di Pittsburgh, di Brooklyn. Si tratta dei ponti funicolari proposti nel 1933 per l'attraversamento delle bocche di porto di Malamocco e Chioggia (luce di 550 metri), nell'ambito di un progetto non realizzato di prosegui- mento del collegamento stradale con la terraferma, oltre Piazzale Roma, verso i litorali adriatici. Una strada lagunare, attraverso la Sta- zione Marittima, l'isola della Giudecca, il Lido e Chioggia, avrebbe dovuto infatti allacciare, negli inten- dimenti di Miozzi, il nuovo viadotto Mestre-Venezia con l'antica via Ro- mea, riattivata dopo le bonifiche del Polesine e del Ferrarese, e quindi con il litorale adriatico. Un ponte in ferro girevole avrebbe garantito l'attraver- samento del canale della Giudecca. Tale progetto s'inseriva nel dibattito di quegli anni, in cui si prospettava un complesso sistema di nuove comuni- cazioni, in modo tale da convertire la vecchia rete tangenziale a Venezia in una rete convergente sul capo- luogo. Tale sistema doveva essere costituito, oltre che dal ponte «del Li- torio», dall'autostrada Venezia-Pa- dova, da una strada litoranea setten- trionale, tra Venezia e Punta Sab- bioni, verso il Friuli, proposta dalla Pro- vincia, dalla simmetrica strada litora- nea meridionale, tra Venezia, Chiog- gia e Ravenna, proposta da Miozzi, e, infine, da una linea ferroviaria tra Ve- nezia e Piove di Sacco.

Per concludere, lo stesso ingegnere capo progettava e realizzava sul Canal Grande, ancora una volta in luogo di un ponte Neville, il ponte in pietra degli Scalzi o della Stazione (luce di 40 metri), inaugurato il 28 ottobre 1934. Si trattava dell'ultimo dei tre costruiti sul Canal Grande negli anni Trenta, dopo quello di Santa Chiara e quello dell'Accademia. Veniva realizzato interamente in pietra d'Istria della cava d'Orsera («come la Libreria di Sansovino») senza nessuna armatura, né in cemento armato, né in ferro, né in bronzo, mettendo in opera una speciale centina metallica e applicando il metodo delle «lesioni sistematiche», ovvero, secondo un'altra definizione più tarda di Miozzi, il «sistema dell'autocompressione condizionata». All'interno del parapetto, cavo e smontabile superiormente, erano allagate le tubazioni del gas. I nuovi ponti s'innestavano nel corpo della città senza turbarne i connotati, grazie agli intenti mimetici del loro disegno, come si proponeva di ribadire un'incisione commissionata nel 1952 dallo stesso Miozzi: nel bel disegno di A. Milani, infatti, il ponte degli Scalzi appariva anacronisticamente inserito in un'ambientazione settecentesca. In un piano particolareggiato dell'area di Piazzale Roma, non realizzato e presentato nel 1942, in piena guerra, come appendice al *Piano di risanamento di Venezia insulare* del 1939, Miozzi prevedeva la sistemazione definitiva dell'area di accesso a Venezia da occidente. Il rio di Sant'Andrea veniva interrato, si tracciava una rotatoria intorno all'autorimessa comunale, si prevedevano aree per lo stazionamento di filovie, autocorriere e torpedoni turistici e una nuova edificazione a porticati lungo i margini. Infine, un nuovo ponte pedonale coperto, in legno, avrebbe dovuto collegare l'angolo definito dal Rio Nuovo e dal Canal Grande, presso i giardini Papadopoli, con la stazione ferroviaria, nella zona antistante la direzione compartimentale delle ferrovie. Sarebbe stato questo il quarto ponte sul Canal Grande, dopo quello di Rialto e quelli, novecenteschi, dell'Accademia e degli Scalzi, l'ultima delle innumerevoli e diversificate proposte di ponti per Venezia formulate da Eugenio Miozzi negli anni Trenta.



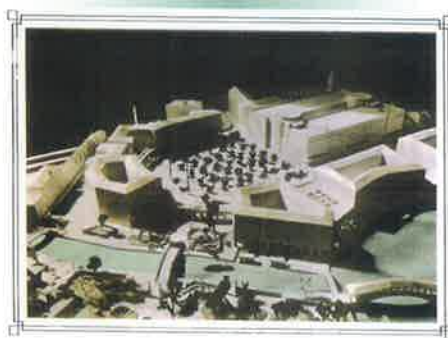
19. Il ponte degli Scalzi in costruzione, 1934 (Archivio Miozzi, Archivio Progetti, luav).



20. A. Milani, Veduta del Ponte Miozzi a Venezia detto anche Ponte della Stazione o Ponte degli Scalzi, 1952.



21. Piano particolareggiato di Piazzale Roma, 1942.



22. Modello del piano particolareggiato di Piazzale Roma, 1942. In basso a destra, il ponte coperto in legno sul Canal Grande proposto da Eugenio Miozzi.

Nota

I miei studi sulla figura di Eugenio Miozzi e sulle trasformazioni urbane di Venezia nel Novecento hanno preso avvio dall'ordinamento e dall'inventariazione dell'archivio professionale dell'ingegnere, depositato presso il Centro interdipartimentale Archivio Progetti dell'Istituto Universitario di Architettura di Venezia, che tengo a ringraziare nelle persone del presidente, prof. arch. Roberto Sordina, del direttore, arch. Anna Tonicello, e dell'arch. Riccardo Domenichini: Eugenio Miozzi. 1889-1979, inventario analitico dell'archivio, a cura di Valeria Farinati, Archivio Progetti, Istituto Universitario di Architettura, Venezia 1997; V. Farinati, «Eugenio Miozzi. Tecnica e città nel Novecento», in *Galileo*, maggio 1997, pp. 12-17; V. Farinati, «L'esperienza di Venezia», in *Rassegna. Problemi di architettura dell'ambiente* 75 (1998/III), pp. 86-101; V. Farinati, «Eugenio Miozzi», in *Profili veneziani del Novecento*, Giovanni Distefano, Leopoldo Pietragnoli (a cura di), Supernova, Venezia 1999, pp. 26-47.

Tengo a ringraziare, inoltre, lo Studio Garbuggio ingegneri associati di Venezia, per avermi cortesemente concesso le riproduzioni su cartolina postale di alcuni schizzi relativi a ponti di Miozzi, oltre che l'ingegner Giuseppe Miozzi, per il suo prezioso e continuo aiuto.

Si riportano, di seguito, le pubblicazioni cui si è fatto riferimento in questo contributo: E. Miozzi, «Il nuovo ponte sulla Piave a Belluno», *Annali dei Lavori Pubblici*, fasc. 7 (1927); E. Miozzi, «Nuovi metodi nella esecuzione delle volte: le deformazioni sistematiche», *Annali dei Lavori Pubblici*, fasc. 9 (1930); E. Miozzi, «Applicazione delle deformazioni sistematiche nella costruzione di travate in cemento armato», *Annali dei Lavori Pubblici*, fasc. 3 (1931); E. Miozzi, «Il Ponte Druso a Bolzano», *Annali dei Lavori pubblici*, fasc. 12 (1931); E. Miozzi, *Manufatti stradali. Cinquecento tavole di disegni esecutivi con prospettive, particolari, computi metrici di opere costruite e collaudate*, 3 voll., Hoepli, Milano 1929-1931; E. Miozzi, *Calcoli per grandi ponti ad arco. Esempi numerici di archi incastrati in cemento armato, prescrizioni, carichi, tracciamento, frecce di deformazione, modalità esecutive e di collaudo, capitolato d'appalto*, Hoepli, Milano 1932; E. Miozzi, L. Santarella, *Ponti italiani in cemento armato*, Hoepli, Milano 1925; Idem, *Seconda raccolta*, 1932; L. Santarella, *Arte e tecnica nell'evoluzione dei ponti*, Hoepli, Milano 1933, pp. 27, 73, 91, 143, 146, 163; E. Miozzi, «Le pont-route réunissant Venise à la terre ferme», *Le Génie Civil*, Paris 1933; [E. Miozzi], *Il ponte del Littorio*, Zanetti, Venezia 1934; E. Miozzi, «Il ponte in legno sul Canal Grande a Venezia», *Annali dei Lavori Pubblici*, fasc. 5 (1933); E. Miozzi, *Dal ponte di Rialto al nuovo ponte degli Scalzi*, *Annali dei Lavori Pubblici*, fasc. 6-7 (1935); E. Miozzi, *Venezia nei secoli*, Libeccio, Venezia 1957-1969.



Soluzioni progettuali integrate

- Pareti mobili attrezzate e sterili
- Arredamento uffici
- Pavimenti e controsoffitti tecnici
- Strutture in acciaio
- Facciate e serramenti

Insonorizzazioni

- Rilievi fonometrici
- Studio di fattibilità
- Correzione acustica ambientale
- Realizzazione di:
 - Cabine segregazione macchinari
 - Cabine sosta operatori
 - Barriere stradali

La nostra esperienza al vostro servizio

☐ Strada Battaglia 167

☐ 35020 Albignasego PD

☐ telefono: 049.880.54.04

☐ fax: 049.880.51.83 - 880.53.85

☐ e-mail: ocs@ocs.it

☐ <http://www.ocs.it>

LE TECNICHE COSTRUTTIVE DEI PONTI DI FERRO IERI E OGGI

Giorgio Romaro

Libero professionista. Già docente di Impianti di sollevamento e trasporto nell'Università di Padova

I ponti di ieri erano costruiti con ferro che si è mano a mano trasformato da ferro pudellato a ferro omogeneo fino ai moderni acciai. Il collegamento sovrano durante il 1800 e primi del 1900 è stato il chiodo ribattuto a caldo.

La scelta tipologica è strettamente connessa ai particolari costruttivi e alle tecnologie impiegate.

Finché l'elemento di connessione è stato il chiodo a caldo le tipologie sono state:

- per luci fino a 30-35 m: travi ad anima piena
- luci comprese tra 35-40 e 100 m: travi reticolari
- luci comprese tra 100 e 300 m: arco con trave a più campate sovrastanti
- luci superiori a 300 m: ponti sospesi.

Nella prima metà del '900, tra le due guerre mondiali, si è cominciato a cercare di diversificare la tecnologia introducendo la saldatura, andando peraltro incontro a una serie di catastrofi che ne sconsigliarono l'uso per lungo tempo finché non si fu chiarito il perché di questi disastri e come evitarli.

Non si fu cioè chiarito che le saldature dovevano essere fatte su materiale privo di certe impurezze (in particolare fosforo e zolfo) e studiando opportunamente i particolari da saldare contro il pericolo di rotture per fatica per autoinnesto di microcricche.

Un'altra tecnologia di giunzione ha influenzato grandemente la costruzione dei ponti oltre la già citata saldatura, ed è stata l'introduzione dei bulloni ad Alta Resistenza pretesi.

Fino agli inizi degli anni '60 l'uso dei bulloni nei collegamenti permanenti (e quindi sui ponti) era giustamente escluso, specie in presenza di vibrazioni e carichi alternati per una serie di ragioni tra le quali ricordiamo:

1. la filettatura era ottenuta con utensili e quindi poteva dare inizio a cricche per intaglio
2. il gioco foro-bullone poteva provocare frecce anelastiche non desiderate;
3. gli sforzi alternati facevano allentare i bulloni.

I nuovi bulloni ad Alta Resistenza vice-



1. Una trave del Viadotto Jallà completamente lavorata in automatico.



2. Montaggio a sbalzo (il viadotto era in curva e contro curva) di conci a sezione latera nel Viadotto Jallà.

versa, oltre a essere in materiale molto più resistente dei chiodi e dei bulloni normali, hanno filetto ottenuto per rullatura, quindi esente da pericolo di intaglio, possono e devono essere chiusi con preserraggio prestabilito che comprime il giunto impedendo per attrito (entro limiti conosciuti) lo scorrimento reciproco tra le parti collegate ed evitando così la possibilità di frecce anelastiche indesiderate ed il possibile allentamento dei bulloni.

Sempre nello stesso periodo tra le due guerre mondiali ci si accorse (durante le prove di carico) che una soletta di calcestruzzo armato, gettata su travi metalliche e su queste teoricamente soltanto appoggiata, assorbiva un'aliquota dei carichi applicati ben maggiore di quella calcolabile attraverso una semplice ripartizione determinata dal rispetto della congruenza con riferimento alla flessione dei due elementi in parallelo, specie se vi erano asperità sull'estradosso della trave.

Nacque così il primo sistema misto e furono delineati i primi fondamenti di una teoria statica che permetteva di verificare queste nuove strutture e si studiarono i connettori più adatti a garantire la trasmissione del taglio tra soletta ed estradosso della piattabanda superiore della trave. Fondamentale in questa evoluzione è stata la tecnologia di saldatura per scintillio dei tondi sulle piattabande (tipo Nelson e tipo Philips) che hanno praticamente soppiantato ogni altro tipo di connettore (squadrette, staffe, spirali, ganci ecc.) saldati manualmente.

Oltre ai ponti a soletta in cemento armato collaborante (denominati molto spesso *Verbund* alla tedesca poiché furono le DIN a normalizzare per prime un metodo di calcolo) nella seconda metà del XX secolo, appaiono anche i ponti a soletta metallica collaborante in lastra ortotropa.

Per la realizzazione di questo ultimo tipo di struttura è stato fondamentale il grande progresso che si è fatto nella realizzazione di strutture completamente saldate, progresso avvenuto negli Stati Uniti nella carpenteria navale (navi Liberty) durante l'ultimo conflitto mondiale.

Un'altra tecnologia che si venne a definire nella seconda metà del XX se-

colo e che influì nella tipologia dei ponti, fu la capacità di tensionare, a mezzo martinetti, i cavi; questo portò nel cemento armato alla nascita del precompresso in generale e nei ponti in particolare anche a una nuova tipologia: i ponti strallati.

In definitiva oggi le tipologie principalmente usate nei ponti, collegate con le nuove tecnologie e i particolari costruttivi e di giunzione sono:

- per luci fino a 30-35 m:
c.a. o c.a.p.;
- per luci comprese tra 35 e 100-120 m:
travi con anima a parete piena e soletta collaborante di cemento armato (Verbund);
- per luci tra 100 e 300 m:
travi con anima piena o a traliccio e soletta collaborante di acciaio in lastra ortotropa;
- per luci tra 100, 200 e 300 m:
archi e archi-telaio a impalcato superiore o inferiore e grandi travi reticolari a impalcato inferiore;
- per luci tra 300 e 800-1000 m:
ponti strallati;
- per luci oltre 1000 m:
ponti sospesi.

Per ognuna di queste tipologie è nota l'incidenza a m^2 :

- per il Verbund (soletta collaborante in c.a.):
da 150 a 350 kg/m^2 (da 40 a 120 m)
- per i ponti a lastra ortotropa (soletta collaborante di acciaio):
da 400 a 700 kg/m^2 (100-300 m);
- per archi con impalcato superiore (generalmente in lastra ortotropa) compreso arco:
da 600 a 800 kg/m^2 (da 200 a 400 m);
- per archi con impalcato inferiore (generalmente con soletta collaborante trasversale) compreso arco:
da 500 a 700 kg/m^2 (da 100 a 300 m);
- per gli impalcati dei ponti strallati (escluse funi e pile)
Verbund:
da 250 a 400 kg/m^2 (da 250 a 1000 m);
Lastra ortotropa:
da 400 a 600 kg/m^2 (da 250 a 1000 m)
- per gli impalcati dei ponti sospesi (escluse funi e pile)
Verbund:
da 200 a 300 kg/m^2
Lastra ortotropa:
da 300 a 400 kg/m^2 .

Se queste sono state le innovazioni che hanno portato alle nuove tipologie dei ponti odierni (da 40-50 anni in qua), dentro ognuna di queste tipologie vi è stato uno sviluppo tecnologico nelle lavorazioni di officina e nei montaggi, che metterò in rilievo con una sequenza di diapositive su alcuni ponti alla cui realizzazione ho partecipato a vario titolo come progettista, proprio in questo periodo di evoluzione strutturale.



3. Sopraelevata di congiungimento tra Aurelia e aeroporto Cristoforo Colombo a Genova: 2,9 chilometri in 61 campate ma poco più di 10 giunti di dilatazione.



4. Ponte levatoio sul Canal Bianco ad Adria (Ro). Lo schema statico di doppia mensola a sbalzo si trasforma automaticamente in esercizio in quello di trave semplicemente appoggiata.



5. Ponte girevole tra Chioggia e Sottomarina.



6. Ponte stradale sul Po a Corbola (Ro) durante il montaggio. In lastra ortotropa continua lungo 1 chilometro con solo due giunti di dilatazione sulle spalle.



7. Ponte sul fiume Adda a Morbegno, luce 100 m, con lastra ortotropa.

Cominciamo con i ponti in Verbund che sono di gran lunga quelli con maggior diffusione in assoluto tra i ponti di acciaio e di conseguenza anche tra quelli realizzati su mio progetto.

Alla fine degli anni '70 progettavo ancora travi con irrigidimenti da tutte due le parti dell'anima mutuandole dalle grandi vie di corsa delle gru, come nei viadotti della Siracusa-Catania^{1,3}, per passare negli anni '80 a travi con irrigidimenti solo su un lato come per il ponte sull'Adige a Verona^{2,3} o i cinque viadotti tra Calalzo e Lozzo di Cadore^{3,9}, per tornare agli irrigidimenti sui due lati ma i verticali all'interno e gli orizzontali all'esterno, come sui viadotti della Savona-Torino³ e infine a irrigidimenti saldati solo sul lato esterno (quelli longitudinali) e irrigidimenti verticali bullonati sul lato interno in modo tale da poter realizzare tutte le lavorazioni in officina in controllo automatico, il primo di questo tipo è stato il viadotto Jallà a Courmayeur³ (figure 1 e 2).

Se queste sono state le innovazioni nella lavorazione delle anime, le innovazioni nelle solette sono state notevoli, ricordo il sistema di unire varie campate a «trenino» in modo da ridurre i giunti ed i particolari accorgimenti tra campata e campata dei «vagoni» come quello da me progettato per lo svincolo tra l'Aurelia e il Cristoforo Colombo a Genova³ e figura 3, dove con 69 campate appoggiate i giunti sono poco più di dieci.

Comunque gli ultimi viadotti sono tutti realizzati con schema di trave continua (vedi ad esempio lo Jallà già menzionato per le lavorazioni delle travi).

Prima di concludere i ponti in Verbund, vorrei ricordare che sull'Erfurt su un'idea progettuale di Leonhardt si sta costruendo un viadotto con soletta collaborante in c.a. superiore e inferiore e anime irrigidite da grecature.

Passando ai ponti con soletta in lastra ortotropa la prima da me realizzata (e una delle prime in Italia) è stata su un ponte girevole a Mira⁴. L'applicazione di questa tecnologia mi permise di cambiare l'architettura del ponte rispetto a quelli fino allora generalmente realizzati che erano a trave reticolare e impalcato inferiore. La lastra ortotropa è ancora concepita in questi ponti come un impalcato tradizionale composto da traverse e longoni dove al posto degli zoré si era posata una lamiera irrigidita da piatti trasversali (ortogonali quindi ai longoni), il tutto collegato con saldature.

Ben diverse sono le attuali lastre ortotrope dove i longoni sono spalmati e dove si preferiscono ai profili aperti i profili a U (specie se realizzate in Corten, nel qual caso non vi è preoccupazione di arrugginimento all'interno). Oltre che sui ponti mobili come quelli

levatoi del Canal Bianco (figure 4 e 5) e quello girevole di Chioggia, ritengo citabili per le tecnologie costruttive e/o di montaggio oltre che per l'importanza strutturale tre ponti. Si tratta del ponte sul Po a Corbola (figura 6), di quello sull'Adda a Morbegno (Sondrio) (figura 7), e della zona centrale del Viadotto sul Grand Canal Marittime a Le Havre in Francia (figure 8)⁷⁻¹⁰.

Il primo è notevole come lastra ortotropa continua di oltre 1 km di lunghezza (su 14 campate max luce 90 m) senza giunti intermedi, in acciaio Corten, ma è ancora da ricordare per alcune scelte che si rivelarono corrette per l'esercizio e la futura manutenzione, in particolare la sezione aperta, gli irrigidimenti delle anime da una sola parte (quella interna) e i copponi a V nella realizzazione della lastra ortotropa.

Il secondo una campata unica su 100 metri di luce, costruito sempre su mio progetto, nella stessa epoca di quello sul Po e del quale ha le stesse caratteristiche costruttive. Per la sua forma a falce di luna e la modesta altezza (in rapporto alla luce) delle pareti delle travi principali, si inserisce elegantemente nella vallata richiamandosi anche ad un vecchio viadotto rinascimentale a «schiena di mulo» che sorpassa l'Adda pochi chilometri a monte.

Nel terzo la parte centrale è una lastra ortotropa su tre luci di 90+180+90 metri; di notevole si nota costruttivamente, rispetto al Po, all'Adda e alle altre lastre ortotrope progettate da me ed anche da altri in Italia, che la travata si presenta in struttura completamente saldata e senza diaframmi reticolari in campata, ma ancora più interessante è stato il montaggio; infatti il pezzo centrale di 140 metri e del peso di 1.400 t, è stato sollevato da una barca in un pezzo unico.

Tra i ponti ad arco con soletta superiore ho già ricordato l'arco telaio di Le Havre con 275 m di luce alle cerniere. Tra quelli a soletta inferiore mi piace ricordare il ponte sull'Adige a Vadena (Bz) (figura 9)¹, di tipo Langer con soletta collaborante alle traverse a flessione e, per il tiro alle travi-catena, caratterizzato dal varo longitudinale anche se il ponte era ad una sola campata. Questo tipo di varo che abbiamo studiato per la prima volta per il Vadena, e già stato ripetuto su altri cinque ponti sempre ad una sola campata.

Tra i ponti strallati mi piace ricordare:

- le attrezzature di montaggio del ponte sul Severn a Bristol¹² che hanno permesso un montaggio a fette di ponte (largo 34,6 m) del peso di 350 t. La parte centrale di questo viadotto, circa 1 km, è strallata e sostenuta da



8. Viadotto autostradale a Le Havre, Francia (Premio CECM 1995). Sollevamento a sbalzo della parte centrale dell'arco telaio (luce 275 m) in lastra ortotropa in tre pezzi dei quali quello centrale è lungo 140 m e pesa 1400 t.



9. Ponte stradale ad arco sul fiume Adige a Vadena (Bz) durante il varo longitudinale, con avambecco prolungato dalla sponda opposta.



10. Passerella strallata in Padova, che getta dall'oltre Piovego verso le mura veneziane senza caricarle pur permettendo lo sbarco di persone e tubazioni.



11. Ponte autostradale sospeso a una sola cortina di cavi sullo Chavanon tra Bordeaux e Clermont Ferrand (Francia).



12. Ponte sospeso per metanodotto a cinque campate sull'Isonzo. Si notano le funi di guardia pretese che tolgono la labilità sotto carichi dissimmetrici.

due stilate poste a 546 m di distanza tra loro;

- il montaggio del ponte strallato di Dubrovnik a un solo pilone dove la campata più piccola di 90 m, è stata varata a spinta agganciata in punta all'estremità superiore del pilone e la campata maggiore di 240 m viene montata invece a conci a sbalzo⁴;
- non mi dispiace infine ricordare una passerella pedonale e porta tubazioni risolta elegantemente insieme all'amico prof. arch. Camillo Bianchi, a un solo pilone, una mensola quindi aggettante dall'oltre Piovego verso le mura veneziane della città di Padova che non tocca se non con una pedana incernierata all'estremità a sbalzo del ponte e appoggiata alle mura (figura 10)¹³. Notevole ancora la forma a tubo dell'impalcato realizzato come la fusoliera di un aereo e, quindi, portante oltre che schermante le varie tubazioni transitanti attraverso il ponte sotto ed ai fianchi dell'impalcato pedonale.

Tra i ponti sospesi ne ricorderò due: uno autostradale e uno per metanodotto, tutte due importanti per le innovazioni tecniche:

- il ponte autostradale sullo Chavanon fra Bordeaux e Clermont Ferrand (figura 11)¹⁴ una campata unica di 360 m tra le spalle di appoggio dell'impalcato e 300 m nella zona tra i due piloni che sorreggono le funi portanti. In questo ponte vi sono state due innovazioni, una costruttiva ed una di montaggio. La innovazione costruttiva è nel fatto che le due funi portanti (a sezione esagonale con dimensioni massime 455x394 m) sono in posizione centrale, affiancate con interasse di 1,1 m, e danno quindi sostentamento all'impalcato solo assialmente con un'unica cortina di appensioni. Rispetto ai tradizionali ponti sospesi a due cortine di funi laterali la resistenza a torsione è affidata completamente all'impalcato a cassone torsio rigido vincolato in corrispondenza delle spalle mediante bielle ad asse verticale.

L'innovazione nel montaggio è consistita nel varare longitudinalmente e con sistema tradizionale di spinta), simmetricamente i due semimpalcati appendendoli a sospensioni provvisorie (due per ogni semimpalcato) che con pendolamenti successivi a presa e ripresa hanno accompagnato i due semimpalcati fino al loro congiungimento in mezzzeria;

- il ponte tubo per metanodotto sull'Isonzo (figura 12)¹⁵⁻¹⁷ è da ricordare sia per le stilate con montanti inclinati in tubo (fino allora le stilate erano realizzate in angolari intralacciati) che per il modello statico inusuale di ponte sospeso a cinque campate con le quat-

tro stilate (distanti una dall'altra 208,5 m) stabilizzate da funi di guardia opportunamente pretese. Le stilate di questo tipo sono state poi da me ricadattate in decine di ponti tubo per luci tra 100 e 300 m e la soluzione delle funi di guardia in altri quattro ponti tra 500 e 1000 m di lunghezza.

Tra i ponti a parete reticolare ho alcuni ponti ferroviari, quindi purtroppo chiodati e quindi con nulla di nuovo, invece sono stati realizzati su mio progetto numerosissimi ponti per appoggio di tubazioni. In particolare ricordo con piacere due standardizzazioni ambedue con sezione triangolare. La prima studiata per la Snam Progetti per luci da 20 a 80 metri (figura 13) con aste realizzate in tubolare ha riempito l'Italia di questi manufatti; la seconda, più interessante anche se realizzata in pochi esemplari (nel frattempo si erano tornati a preferire gli attraversamenti in sub alveo) sempre a sezione triangolare, ma con profilati a freddo a sezione aperta (angolari con angolo inferiore a 90° e ferri ad U a lati aperti) e con possibilità di costruzione completamente al taglia-fora. Per la Snam Progetti, ma soprattutto per acquedotti, ho poi progettato numerosi ponti tubo autoportanti con diametro da meno di 1 metro a quasi 3 m, su campate da 20 a 50 m e lunghezze da 100 a 600 m (figura 14).

Oltre che progettare per ponti nuovi, ho molte volte progettato ristrutturazioni strutturali di ponti d'epoca; tra questi interventi mi piace ricordare per ragioni sentimentali, i progetti di recupero delle tre passerelle sospese realizzate a Padova nel primo dopoguerra su progetto di mio padre e delle quali una è già stata ristrutturata (figura 15)¹⁸ e il progetto di restauro insieme all'amico prof. ing. Vittorio Nascè, del più bel ponte realizzato in Italia nel '800 e cioè del ponte sull'Adda a Paderno, costruito nel 1889 dalla Savigliano di Torino su progetto dell'ing. Rothlisberger, direttore all'epoca dell'Ufficio Tecnico della Società Savigliano stessa (figura 16).

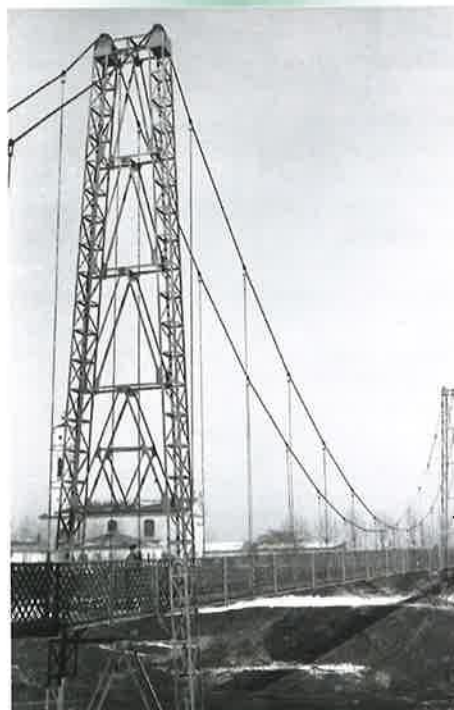
Il restauro, anche se è stato limitato ai due impalcati stradale e ferroviario e all'irrigidimento delle sezioni trasversali della trave tubolare composta appunto dai due impalcati stessi, è stato molto interessante e mi dispiace di non essere stato poi coinvolto (forse non è stato più fatto) nel restauro dell'arco che sostiene gli impalcati, restauro che a mio avviso andrebbe fatto in ogni caso anche se l'arco non presenta gli ammaloramenti e le deficienze di rigidità trasversale che presentavano i due impalcati nei confronti dei nuovi carichi che si sono imposti a strutture calcolate per ben altro e più lieve utilizzo.



13. Ponti reticolari standardizzati per metanodotti, oleodotti e acquedotti.



14. Tubazione autoportante per acquedotto.



15. Passerella sospesa sul Brenta tra Cadeneghe e Torre (Pd).



16. Ponte strallato e ferroviario sull'Adda a Paderno. Il più bel ponte italiano dell'Ottocento (1869).

Bibliografia

1. C. Monteverde, G. Romaro, «Viadotti per la viabilità principale dell'asse attrezzato Siracusa-Augusta», *Acciaio* 7/8, 1981, pp. 285-290.
2. G. Romaro «Il nuovo ponte sull'Adige a Legnago (Vr)», *Acciaio* 11, 1988, pp. 485-492.
3. G. Romaro «Vent'anni di progettazione di travi da ponte con soletta collaborante», *Le strade*, ottobre 1995, pp. 773-783.
4. G. Romaro «Montaggio di ponti e viadotti di acciaio», *Atti del Convegno L'acciaio nelle infrastrutture*, Verona 19 novembre 1999, pp. 129-135.
5. G. Romaro «Nuovo schema di ponti levatoi per grandi luci», *Costruzioni Metalliche* 1/1984 pp. 29-35.
6. G. Romaro, «Problematiche connesse alla posa in opera di ponti di acciaio: il varo», *Acciaio*, settembre 1989, pp. 387-396.
7. G. Romaro, «Il viadotto sul Grand Canal Maritime a Le Havre parla italiano», *Galileo* 62, dicembre 1994, pp. 18-22.
8. L. Colussi, G. Romaro, «Viadotto sul Grand Canal Maritime a Le Havre: note strutturali e di montaggio», *Costruzioni Metalliche*, marzo/aprile e maggio/giugno 1995, pp. 29-49 I parte e pp. 35-47 II parte.
9. C. Romaro, «Un esempio di integrazione tra progettazione architettonica e strutturale», *L'edilizia* marzo-aprile 1995, pp. 67-76.
10. L. Colussi, G. Romaro «Die neue Brücke über den Grand Canal Maritime bei Le Havre Konstruktion und Montage», *Stahlbau* 9 settembre 1995, pp. 274-280.
11. G. Romaro, C. Romaro «Erection of Arch and Arch-Frame Bridges», *Structural Engineering International*, nov. 2000, pp. 259-262.
12. G. Romaro «Montaggio di ponti a sbalzo per conci di sezione piena intera», *Costruzioni Metalliche*, nov.-dic. 1996, pp. 29-38.
13. C. Bianchi, G. Romaro, «Passerella pedonale sul Piovego tra via Loredan e via Trieste a Padova», inserto di otto facciate su *Galileo* 86, dic. 1996.
14. A. Catanzano, L. Colussi, C. Romaro, G. Romaro, «Ponte sospeso Chavanon, originale varo longitudinale a oscillazioni successive dell'impalcato stradale», *Costruzioni Metalliche* 2, 2000, pp. 39-47.
15. G. Romaro, «Superamento dell'attuale limite di tre campate in una proposta strutturale per ponti sospesi», *Acciaio* 6, 1982, pp. 253-260.
16. G. Romaro, «Le tecniche di costruzione e montaggio nella fase progettuale delle tensostrutture. Nota 1: ponti tubo sospesi», *Costruzioni Metalliche* 4, 1973, pp. 245-257.
17. G. Romaro, «Le tipologie strutturali di ponti sospesi in Italia», *Costruzioni Metalliche* 1, 1993, pp. 36-45.
18. G. Romaro, «Sul recupero di tre passerelle sospese in Padova», *Galileo* 100, febb. 1998, pp. 8-14.

I VIADOTTI AUTOSTRADALI PILONI, LUNGHE CAMPATE E ARCHITETTURA DEL PAESAGGIO

Konrad Bergmeister

Direttore Tecnico
dell'Autostrada del Brennero

Nella presente trattazione sono descritti alcuni esempi di sovrappassi autostradali inseriti in diversi ambienti.

In primo luogo vengono discusse le diverse posizioni e idee riguardo all'estetica dei ponti.

Segue quindi una presentazione di quattordici viadotti in forma di simulazione al computer. Questi progetti sono stati valutati sotto il profilo estetico sia da un gruppo di profani che da un gruppo di esperti dai quali sono emersi dei risultati particolarmente interessanti. Un analogo studio è stato effettuato simulando rispettivamente otto tipi diversi di piloni inseriti in un ambiente urbano ed extraurbano.

Complessivamente va confermata la necessità, anche per il futuro, di una migliore cooperazione tra ingegneri e architetti nella progettazione e costruzione di ponti. Solo così si potrà garantire quella fusione tra funzionalità (*utilitas*), sicurezza (*firmitas*) e bellezza (*venustas*) che il famoso architetto romano Vitruvio considerava indispensabile.

1. Ricerca della forma

Sebbene le strutture ingegneristiche siano spesso catalogate come opere puramente funzionali, è importante che anche la qualità estetica sia adeguatamente considerata. Ogni manufatto è in qualche modo un'espressione della filosofia del tempo, che irradia il suo messaggio all'ambiente circostante e a coloro che ne fanno uso.

Vitruvio (1° secolo a.C.) ha così definito il concetto di architettura: *Le costruzioni devono essere realizzate in modo da essere stabili (= firmitas), funzionali (= utilitas) e belle (= venustas). La stabilità si ottiene facendo arrivare le fondamenta fino a un sottofondo solido e scegliendo i materiali con cura e senza lesinare. Perché la costruzione sia funzionale gli spazi devono essere progettati senza errori e senza ostacoli per l'utente ... Una costruzione bella si contraddistingue per un aspetto piacevole e per un rapporto equilibrato tra tutti i suoi elementi.*

Kant (1724-1804) ha così espresso il concetto di estetica: *Bello è ciò che,*

senza concetto, è riconosciuto come oggetto di un piacere necessario, universale.

Palladio (1508-1580) spiega il concetto di bello con i sensi umani: *La chiara struttura delle note musicali crea armonia per le orecchie, la chiara struttura delle dimensioni spaziali crea armonia per gli occhi.*

Fritz Leonhardt (1909-1999) ha descritto l'estetica dei ponti come un insieme di doveri per l'ingegnere civile. La cosa più importante è l'armonia delle proporzioni, la chiarezza delle forme, possibilmente nel rispetto di corretti criteri di simmetria, di inserimento paesaggistico e di scelta dei colori. Inoltre l'ingegnere deve essere progettista e costruttore, mentre l'architetto ha la funzione di assistente estetico. Il nome Leonhardt è sicuramente collegato ai ponti a cavi sospesi. Infatti ha partecipato alla costruzione dei ponti di Düsseldorf e di Mannheim, del ponte Hugli a Calcutta (in collaborazione con Jörg Schlaich), i ponti Pasco-Kennedy negli Usa e, da non dimenticare, il bellissimo Schillersteg a Stoccarda.

Frei Otto (1925-2000), uno dei pionieri delle strutture leggere, che si è sempre impegnato per un'architettura rispettosa dell'ambiente e dell'uomo, ha così espresso il suo concetto di bellezza: *La bellezza di un'opera tecnica rispetta l'essenza del suo creatore, il suo credo e la sua innocenza, in virtù della quale egli agisce in maniera non artificiosa come elemento della natura e la sua stessa opera è una parte della natura. Il vero tecnico è un artista.*

Alfred Pauser (1930) così afferma riguardo al concetto di estetica: *La costruzione deve avere un carattere simbolico. L'estetica è naturalmente un indiscutibile criterio per la scelta di una struttura portante di un ponte, ma, ovviamente anche l'aspetto economico e dell'idoneità statico-costruttiva non può essere trascurato.*

Per Christian Menn (1927) l'estetica è un elemento integrante di un ponte. L'idoneità sotto il profilo della sicurezza statica, dell'uso pratico, dell'economicità e dell'eleganza sono i principali elementi che caratterizzano un ponte. Per quanto riguarda l'eleganza assumono un ruolo importante l'effetto spa-

ziale, le componenti temporali, l'effetto ottico, la chiarezza della struttura e gli aspetti artistici.

René Walter (1928) riguardo all'aspetto e alla forma delle superfici in calcestruzzo ha affermato: *Non è certo il calcestruzzo come materiale che va messo in discussione, bensì la mancanza di accuratezza e di fantasia con cui lo si impiega.*

Jörg Schlaich (1934) riassume in un modo molto pregnante il concetto: *L'architettura è indivisibile!*

Enzo Siviero (1945) così enuncia il suo giudizio estetico sul suo progetto di ponte sul Piave a San Donà di Piave: *Il risultato formale d'insieme è indubbiamente suggestivo e di sicuro effetto scenico, inserendosi in modo organico nell'ambiente circostante: un «salto plurimo» che, non toccando le arginature, mantiene intatta la linea prospettica del fiume.*

2. Elementi estetici dei ponti

I ponti uniscono. I ponti favoriscono la libera circolazione, la mobilità di uomini e merci. Ma i ponti non sono solamente dei mezzi tecnici per superare degli ostacoli, essi rappresentano anche degli elementi fondamentali nell'architettura del paesaggio. La storia della costruzione dei ponti dimostra quanta importanza i nostri antenati abbiano attribuito all'aspetto estetico e come molto presto si siano preoccupati di realizzare ponti di forma gradevole, abbellendoli, a seconda dello stile del tempo, con torri, portoni, statue e decorazioni varie. Talune città hanno espresso il loro particolare orgoglio proprio attraverso i loro ponti.

Criteri estetici di progettazione dei ponti

L'estetica, come pure la bellezza architettonica di una costruzione, non possono essere quantificate. Il giudizio estetico dipende infatti soprattutto da una serie di aspetti soggettivi.

A sua volta, la realizzazione di una forma esteticamente perfetta è esclusivamente legata alle particolari doti del suo autore.

Ciò premesso, si possono comunque indicare alcune regole fondamentali

di estetica dei ponti, il cui rispetto permette di evitare gravi errori e di sviluppare soluzioni relativamente idonee sotto il profilo architettonico.

Hans von Gunten, professore all'istituto di tecnica civile presso l'ETH di Zurigo, ha formulato un paragone molto calzante: «Nel caso delle regole estetiche dei ponti è come con la lingua. Anche se ci si attiene meticolosamente alle regole della grammatica e della sintassi, il risultato letterario può essere tuttavia scadente e inutilizzabile». Lo stesso ci si può aspettare nell'applicazione delle regole di estetica dei ponti, che sicuramente non possono essere condensate in formule rigide (forse con disappunto da parte di taluni ingegneri civili).

Negli ultimi decenni sono stati costruiti parecchi ponti davvero brutti della cui progettazione nella maggioranza dei casi erano responsabili degli ingegneri civili. Osservando alcuni di questi ponti mi sono reso conto che spesso manca proprio la conoscenza delle più semplici regole fondamentali. La colpa di ciò risiede, a mio parere, anche nella formazione di base degli ingegneri civili.

In linea generale nella progettazione di un ponte vanno considerati, sotto il profilo estetico, due aspetti, che in buona parte sono indipendenti l'uno dall'altro:

1. inserimento dell'opera nell'ambiente circostante
2. forma della struttura in sé.

Inserimento dell'opera nell'ambiente circostante

In linea di principio si avverte come sia bello o comunque meno sgradevole un ponte che corrisponda nella sua struttura al carattere del paesaggio circostante. Quindi ad un paesaggio dolce si conviene soprattutto una struttura sobria, equilibrata, mentre in un paesaggio aspro risulta del tutto accettabile una struttura più vistosa, appariscente.

Dimensioni

Ai fini dell'inserimento paesaggistico, è di fondamentale importanza il rapporto tra le dimensioni dell'oggetto e gli elementi dell'ambiente circostante (proporzioni).

Ponte Lusitania e vecchio ponte romano
Struttura superficiale

La struttura superficiale dipende per lo più dal tipo di materiali impiegati. In genere le superfici scabre sono idonee per piloni e spalle, mentre le superfici lisce si prestano meglio per cornicioni, travi e pilastri sottili.

Ponte di Saalach presso Berchtesgaden (1935)

Colore

I colori svolgono una funzione importante sull'effetto estetico complessivo di un manufatto. Certi ponti forse non

sarebbero mai diventati così degni di nota se non fossero stati colorati.

Semplificando, si possono individuare due diverse filosofie nell'impiego dei colori nella costruzione di ponti:

1. utilizzo del colore per inserire il manufatto nel modo più armonico possibile nel paesaggio circostante, riducendone l'impatto;
2. utilizzo del colore per far risaltare in modo particolare il ponte rispetto all'ambiente circostante, evidenziando l'effetto estetico.

Ponte S. Nazario sulla Loira, Francia (1975)
Trasparenza

Per trasparenza di un ponte si intende la possibilità di attraversarlo con lo sguardo.

L'impatto visivo di un ponte dipende naturalmente molto dalla posizione dell'osservatore.

Una struttura poco trasparente viene avvertita come sgradevole dalla maggior parte delle persone, allorché impedisce lo sguardo sull'ambiente abituale o su un bel paesaggio retrostante. In tal caso la trasparenza assume una notevole importanza sotto il profilo della conformazione estetica di un ponte. In caso di ponti molto lunghi, quali ponti ad arco, a cavi tesi e sospesi, il problema della trasparenza in genere non si pone. Soprattutto nel caso di travi e archi bassi e massicci posti su piloni e appoggi fitti e pesanti si possono presentare seri problemi di limitazione della visuale.

Quello della trasparenza è un problema che riguarda soprattutto la sottostruttura del ponte e che dipende sostanzialmente dal numero e dalla forma degli appoggi.

Snellezza

La snellezza è un aspetto che attiene principalmente alla sensibilità estetica dell'osservatore. Quanto più una struttura è snella, tanto più essa appare elegante e bella.

È possibile distinguere tra due concetti diversi di snellezza, ossia tra snellezza effettiva e visiva.

La snellezza effettiva dell'impalcato del ponte è definita dal rapporto tra la lunghezza e l'altezza dell'impalcato. Ad esempio nel caso di ponti con travi in calcestruzzo armato precompresso la convenienza economica si ha per valori di rapporto di snellezza da 15 a 17. Dei valori superiori e talvolta preferibili sotto il profilo estetico (fino a 30) sono sicuramente realizzabili, anche se per lo più comportano degli oneri molto più alti. Questo esempio dimostra come spesso l'aspetto estetico e quello economico si trovino in contrasto tra di loro. Quasi mai, contrariamente a quanto affermano taluni, la soluzione più economica è anche la più bella.

La snellezza visiva è definita dal rap-

porto tra la lunghezza visibile ininterrotta dell'impalcato e la sua altezza, ovvero larghezza, otticamente riconoscibile. Entrambi i due rapporti dipendono dalla posizione dell'osservatore. La lunghezza vera e propria della campata gioca quindi un ruolo abbastanza secondario, nella misura in cui la continuità ottica dell'impalcato non è disturbata da sostegni intermedi.

Ordine

L'ordine nella disposizione delle linee e degli spigoli del manufatto può contribuire in modo notevole alla gradevolezza estetica complessiva di un ponte. Un'eccessiva varietà di direzioni degli spigoli, delle barre e delle linee in genere creano un'impressione di confusione che provoca inquietudine nell'osservatore.

La natura è ricca di esempi di bellezza legata al principio dell'ordine, basti pensare alle affascinanti forme dei cristalli di neve e di molti fiori.

La simmetria è un indiscusso elemento di ordine, che trasmette l'impressione di progettualità ragionata e di equilibrio. Fin dall'antichità la simmetria è stata considerata un principio basilare di bellezza ed anche oggi trova applicazione in moltissime strutture di ponti.

Proporzioni

Le proporzioni sono rapporti, non solo tra misure geometriche, ma anche tra tonalità e colori; in tal caso i rapporti riguardano le lunghezze d'onda. Così il Palladio si è espresso riguardo all'argomento: *Le pure proporzioni tra le note musicali sono armonia per le orecchie, mentre quelle corrispondenti alle dimensioni spaziali sono armonia per gli occhi. Tali armonie ci danno una sensazione di gioia, ma nessuno sa perché, tranne colui che indaga le cause delle cose.*

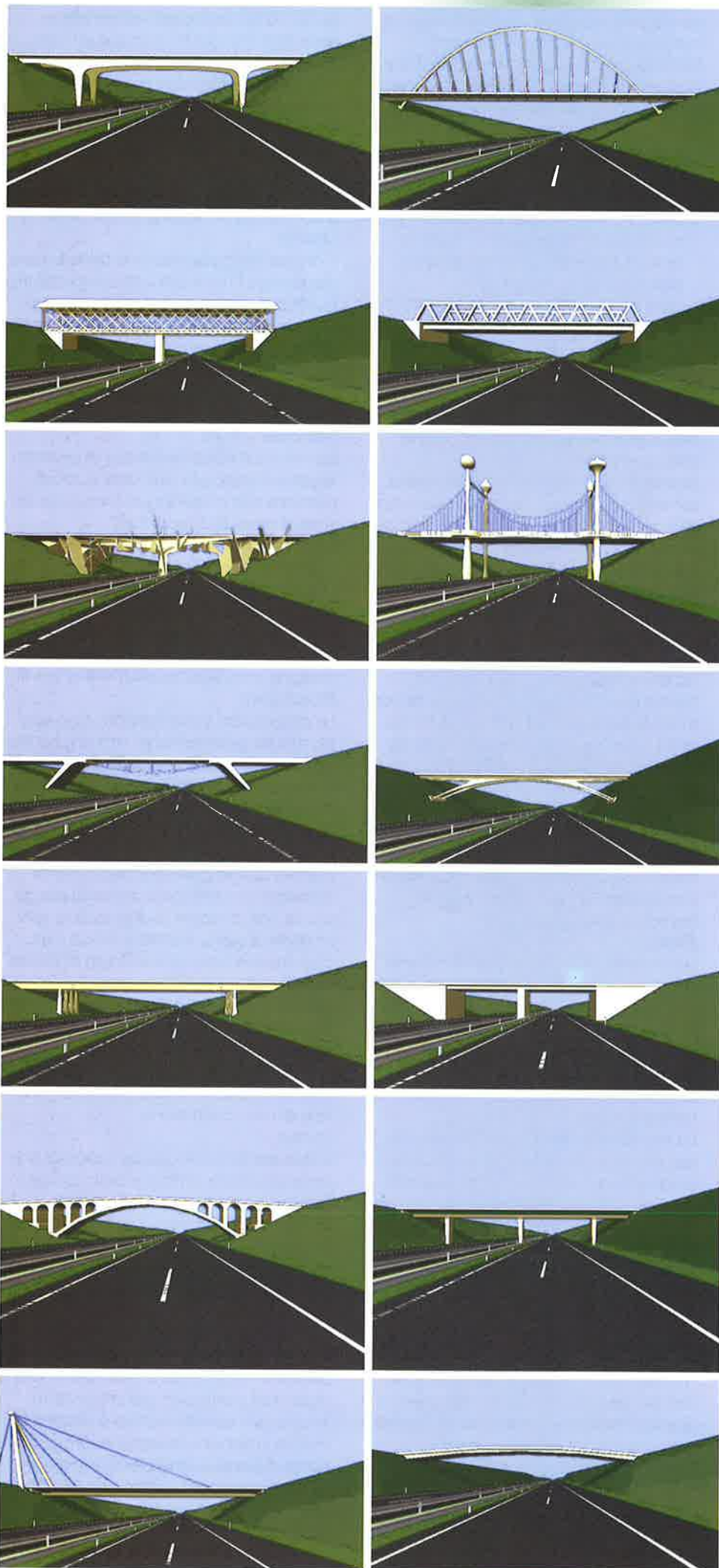
Anche oggi l'armonia delle proporzioni è considerata un fatto indiscutibilmente positivo e che rappresenta, soprattutto in termini di spazi tridimensionali, un attributo estetico fondamentale di una costruzione.

Forma

In genere la forma più semplice ai fini della sicurezza statica e della progettazione non è anche la più bella.

Spesso però si possono operare dei miglioramenti sostanziali per adeguarla a determinate esigenze estetiche, senza che ciò comporti eccessivi aggravii di spesa.

Questo compito estetico è peraltro impossibile da definire esattamente e dipende in larga misura dalla sensibilità e dalle doti particolari del progettista. Anche per questo motivo è assolutamente indispensabile per la progettazione di ponti, come per la maggior parte delle opere civili in genere, una stretta cooperazione tra ingegneri e architetti.



Leggibilità

I ponti devono presentarsi con una forma chiara, pulita, in modo da risultare riconoscibili, leggibili, nella loro funzione anche ai profani. Un ponte in cui non si riesca a riconoscere la funzione dei singoli elementi e che magari trasmetta anche all'osservatore una sensazione di instabilità, certamente non lascerà una impressione di sé positiva.

Perciò nella progettazione di un ponte si consiglia di armonizzare forma e sistema di forze in modo che la struttura statica risulti evidente.

3. Studi di sovrappassi autostradali innovativi

Mediante simulazione al computer sono stati effettuati alcuni studi su viadotti e sovrappassi autostradali possibili o già realizzati. Complessivamente si tratta di quattordici ponti i cui progetti sono stati illustrati sia in forma di video-film, che di simulazione fotografica e di disegni, a due gruppi distinti, uno composto da oltre 50 profani e uno da circa 50 esperti. Questo secondo gruppo era formato da progettisti, ingegneri civili, architetti e progettisti del paesaggio. I due gruppi hanno poi dovuto esprimere separatamente una loro valutazione estetica sui ponti esaminati.

I criteri applicati per la valutazione erano i seguenti:

- *archetipo*: corrispondenza all'immagine archetipica, tradizionale, di ponte;
- *preferenza*: grado di apprezzamento estetico;
- *vistosità*: capacità del ponte di attrarre l'attenzione;
- *costo*: stima dei costi di costruzione e di manutenzione del ponte.

La valutazione del sondaggio è stata effettuata mediante un sistema multidimensionale.

I risultati si possono così riassumere:

- i profani hanno dato una valutazione dei costi di costruzione e di manutenzione abbastanza simile a quella degli esperti;
- anche per quanto riguarda la vistosità il giudizio da parte degli esperti è stato simile a quello dei profani;
- gli esperti hanno espresso un parere attinente agli aspetti tecnici rispetto ai profani;
- gli esperti sono stati in grado di esprimere pareri più articolati rispetto ai profani.

Per quanto riguarda l'aspetto estetico (preferenza) entrambi i gruppi si sono riferiti a criteri emozionali. Ai profani sono piaciute di più le costruzioni vistose, appariscenti, in quanto sono meno in grado di valutare le difficoltà

tecniche. È interessante il fatto che gli esperti preferiscano i ponti più tipici con un grado di impatto medio e una ridotta vistosità.

I profani valutano di più la forma esteriore.

Gli esperti valutano maggiormente i materiali e la fattibilità tecnica.

Rispetto alla valutazione di otto tipi di piloni di un viadotto inserito in un paesaggio urbano ed extraurbano, rispettivamente, si sono avuti i seguenti risultati:

- gli aspetti estetici sono stati considerati più critici all'interno paesaggio urbano, rispetto a quello extraurbano;
- tipi di piloni più appariscenti e complicati sono stati valutati più belli e caldi;
- il pilone giudicato più bello è stato quello di tipo neoclassico, con una forma a forchetta aperta verso l'alto (Austin-Texas, Usa);
- il pilone giudicato più caldo è stato quello disegnato e colorato secondo lo stile di Hundertwasser. Il più freddo è stato giudicato quello di forma più semplice, a sezione rotonda. Da parte di tutti il criterio estetico considerato più importante è stato quello dell'inserimento armonioso della costruzione nell'ambiente.

Per concludere mi sembra importante evidenziare la necessità che gli ingegneri civili si esercitino, già in fase di formazione, sulla progettazione di ponti, addestrandolo soprattutto il loro senso estetico. Inoltre si deve avere il coraggio di adottare nella costruzione nuove forme e nuovi materiali, sviluppando un'ingegneria più artistica ed interessante.

Bibliografia

Backhaus, Erichson, Plinke, Weiber, *Multivariate Analysenmethoden*, Berlin 1996.
Bergmeister K., Entwurf, «Bemessung und Bau einer Schrägseilbrücke». In *Berichte aus dem konstruktiven Ingenieurbau*. Veröffentlichung des Institutes für Konstruktiven Ingenieurbau, Heft 45, Wien 2000.

Bergmeister K., Bollani D., «Sovrapassi innovativi per l'autostrada del Brennero», *Strade & Autostrade* 6, Milano 2000, pp. 63-67.

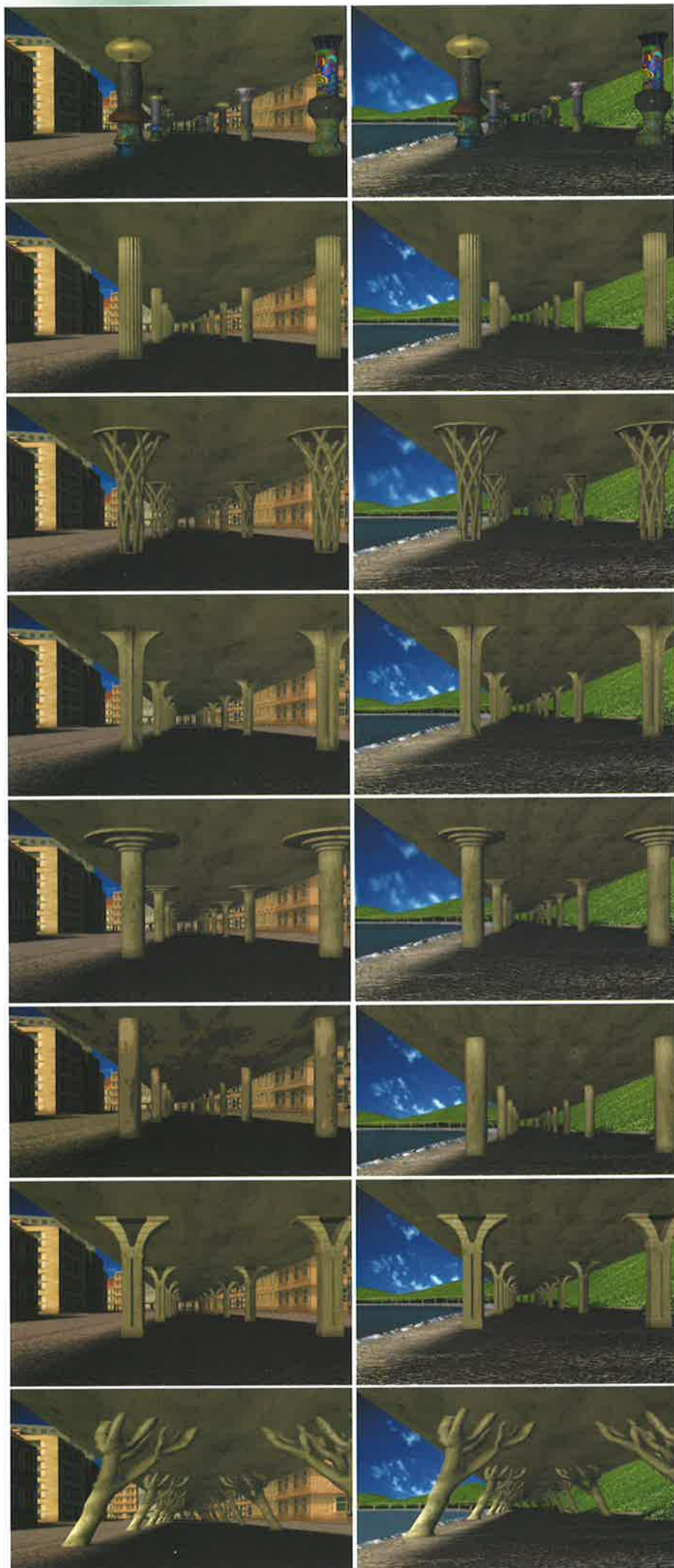
Dallinger G., *Sehen und Werten – Studie zur subjektiven Wahrnehmung von 3D simulierten Ingenieurbauwerken in der Landschaft am Beispiel von Stützen einer Hochstraße*, Diplomarbeit, Boku Wien 1998.

Schlacher A., *Ästhetik im Brückenbau*, Diplomarbeit, TU Graz 2000.

Siviero E., *Il tema del ponte*, Editrice Compositori, Bologna 1999.

Zugic Th., *Wahrnehmung von Ingenieurbauwerken*, Diplomarbeit, Boku Wien 1997.

Stimmer G., *Sehen und Werten – Wahrnehmung von Ingenieurbauwerken*, Dissertation Boku Wien 1997.



Prima Che Ci Sia Fumo,

Arriva Notifier - Sistemi di Rivelazione Anticipata per ogni tipo di ambiente.

Stabilità

Alta Sensibilità

Sicurezza Intrinseca

Per ambienti difficili

Ci sono pericoli e condizioni ambientali che richiedono dei sistemi di rivelazione incendio molto particolari. Sistemi che forniscano una rivelazione precoce - senza dare falsi allarmi - per proteggere i vostri beni più preziosi. Troverete questa protezione nei sistemi di rivelazione incendio di NOTIFIER, come i seguenti modelli di rivelatori:

- MULTISENSOR IPX-751 — Rivela con assoluta stabilità una grande varietà di fumi
- 2251EIS — Rivelatore a sicurezza intrinseca per l'installazione in aree a rischio di esplosione
- FILTRETTM HPX-751 — Può essere installato in ambienti ostili dove un normale rivelatore fallirebbe
- VIEW[®] LPX-751 — La rivelazione più precoce possibile senza alcuna manutenzione

Grazie ai sistemi più avanzati e sofisticati di rivelazione incendio e a più di 50 anni di esperienza come leader nel proprio settore, NOTIFIER è un partner affidabile per risolvere i vostri problemi più complessi grazie ai rivelatori ed alle centrali più appropriate. Con 8 uffici regionali e distributori in ogni parte del mondo, Notifier Italia vi offre un'ampia gamma di prodotti ed accessori, permettendovi di selezionare la migliore scelta per il vostro problema specifico.

Basta un minuto per fare la differenza:
chiamateci allo 02 518971 oppure visitate
la nostra pagina web www.notifier.it.



NOTIFIER ITALIA S.r.l.
Via Grandi, 22
20097 San Donato Milanese MI
Tel.: 02 51897.1 (ISDN)
Fax.: 02 5189730
E-mail: _notifier@notifier.it
[Http://www.notifier.it](http://www.notifier.it)



<http://www.pretecno.it>
[e-mail:pretecno@pretecno.it](mailto:pretecno@pretecno.it)

**Idee, innovazioni e servizio
per costruire i vostri nuovi posti di lavoro**

L'EVOLUZIONE DEI PONTI DI GRANDE LUCE

Enzo Siviero
Ordinario di Teoria
e progetto di ponti, IUAV

Gigliola Meneghini
Architetto

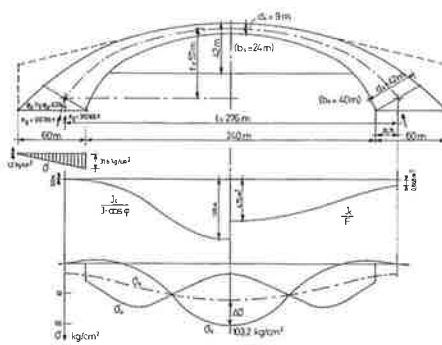
Ogni studio riguardante l'evoluzione del ponte e il suo inquadramento nella cultura dell'uomo e nella storia della tecnica non può prescindere da qualche riferimento a quelle radici storiche di natura razionale e irrazionale che ne hanno accompagnato e condizionato la fisionomizzazione: radici che hanno sempre fatto sentire la loro influenza nelle tendenze evolutive, nelle componenti scientifiche, tecniche e tecnologiche esprimendo una carica simbolica e figurativa che ancor oggi è percepibile in questa figura strutturale, forse la più nobile fra quelle create dall'uomo.¹

La sintesi di Giulio Pizzetti è illuminante. Il ponte, impulso a conciliare la *levitas*, la *gravitas* e l'*impetus* per poter volare da una riva all'altra, è un punto di riferimento metaforico costante sia nelle culture antiche (si veda la mitologia nordica, la figura del Pontifex nella civiltà romana, le leggende medioevali connesse ai «ponti del diavolo»), così come nel pensiero letterario-filosofico (si veda Martin Heidegger *Saggi e Discorsi*, «Costruire, abitare, pensare»), e, ancora, nella pittura (si pensi alla *Tempesta* del Giorgione dove il ponte costituisce il centro formale dell'opera).

Di certo la componente mitica, o mistica, è fondamentale per capire questo artefatto comunicativo e quella febbre della grande luce che sempre ha posseduto i progettisti del passato e che ancora oggi li assale al di là di ogni giustificazione tecnica.

Fino a due secoli fa, i manufatti su fiumi, gole e valli erano opere che noi oggi definiremmo di *piccola luce*, ma per le conoscenze matematiche, le tecniche e i materiali del tempo, rappresentano delle realizzazioni a volte titaniche che stanno a dimostrare come la questione delle grandi luci non è una prerogativa del secolo appena concluso, dell'acciaio e del calcestruzzo armato, bensì ha interessato i progettisti di ponti fin dai tempi più antichi.

Ma cosa si intende per *ponte di grande luce*? Tale concetto è in sé piuttosto astratto, infatti già una luce di 100 metri rappresenta per un ponte in muratura o per un ponte in legno, un'opera di ingegneria tanto impegnativa che forse né oggi né in futuro verrà mai realizzata, mentre per un



1. Progetto di Leonardo da Vinci (1502) per un ponte ad arco in muratura di 240 m di luce sul Corno d'Oro un'insenatura del Mar di Marmara e schema per il calcolo della volta utilizzato da F. Stüssi nel 1953.



2. Le versioni del ponte di Schaffhausen sul Reno in Svizzera (1757, J.U. Grubenmann). Travatura reticolare in legno; luce proposta: una campata di 120 m, luce realizzata: due campate di 52 e 58 m.



3. Acquedotto di Segovia (civiltà romana).

ponte in cemento armato o con sovrastrutture in acciaio essa non è affatto eccezionale e la sua realizzazione rientra, come è noto, nella normale pratica costruttiva. Converremo perciò, con riferimento allo sviluppo delle tecniche costruttive dell'acciaio e del cemento armato, di considerare quale ponte di grande luce quello che presenta una campata principale superiore a 200 metri².

Questa frase di Fabrizio De Miranda, più volte ripetuta nei suoi scritti, che pone un limite numerico nel corso degli anni rivisto più volte, racchiude in sé il fatto che tale concetto è, in senso assoluto, largamente indeterminato; egli stesso infatti ribadisce che: una luce non ancora raggiunta per un determinato tipo di costruzione o sistema costruttivo, non richiede, in sede di progetto, soltanto una profonda cultura tecnica, ma soprattutto una grande intuizione, una specifica esperienza e quel coraggio creativo che distingue il grande ingegnere³.

A dimostrazione di ciò si possono citare due casi esemplari.

Il primo esempio riguarda uno schizzo di Leonardo da Vinci, datato 1502 (figura 1) per un ponte ad arco in muratura: Ponte da Pera a Costantinopoli, largo 40 braccia, alto dall'acqua braccia 70, lungo braccia 600, cioè 400 sopra del mare, e 200 posa in terra, facendo di sé spalle a se medesimo⁴.

Se consideriamo che un «braccio» vale circa 0,584 m, non possiamo non stupire di fronte all'eccezionalità del progetto: 240 m di luce. L'opera, non realizzata, potrebbe apparire quale volo di fantasia ma ritrovamenti successivi testimoniano la volontà da parte di Leonardo di realizzarla⁵ e una verifica del progetto da parte del prof. Fritz Stüssi, intorno agli anni '50, conclude:

L'esecuzione del ponte di Leonardo sopra il Corno d'Oro è tecnicamente possibile [...] possiamo così senz'altro stabilire che era possibile conseguire una sufficiente sicurezza dell'opera⁶ (figura 1).

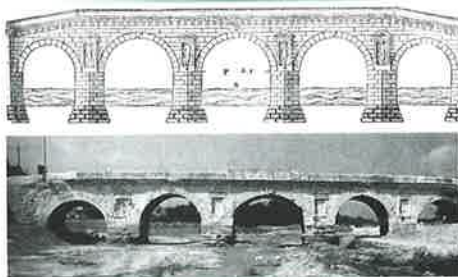
Il secondo esempio riguarda il carpentiere svizzero Johann Ulrich Grubenmann (1709-1783) cui si devono i ponti di Schaffhausen sul Reno (1755-1757) (figura 2) e di Wettingen sul fiume Lammat in Svizzera (1778), capolavori insuperati nell'arte della costruzione dei ponti in legno. Per il primo manufatto Grubenmann ricevette

l'incarico nel 1755: un ponte in legno su due luci di circa 60 m ciascuna, in sostituzione di un ponte in muratura, distrutto da una piena a esclusione della pila centrale. Il progetto originale prevedeva una sola campata di 120 m, ma il Consiglio della città di Schaffausen, scettico di fronte a un'opera di tale audacia, richiese che il nuovo ponte appoggiasse sulla vecchia pila. Grubenmann accettò, ma si racconta che, nel giorno dell'inaugurazione del ponte fece togliere gli apparecchi d'appoggio sul pilone intermedio affermando: Ora voi avete il vostro pilone e io il mio ponte⁷.

Al di là della veridicità di questo aneddoto, resta il fatto che Grubenmann si sentiva in grado di costruire il più grande ponte del mondo e voleva mostrare questa sua capacità: era anche lui posseduto dalla febbre della grande luce, che più di una volta ha introdotto caratteri decisamente deformanti nella storia dell'evoluzione del ponte ma che – nella maggioranza dei casi – è responsabile di aspetti di autentica abilità e di indiscutibile poesia⁸.

In pratica sta all'esperienza del progettista, passata al vaglio di un'analisi salda e serena, immaginare l'architettura dell'opera; soltanto a lui compete («l'osare con conoscenza»). La storia delle costruzioni è una successione di modificazioni di un progetto base in relazione ai materiali disponibili, alle tecniche esecutive conosciute e alle circostanze al contorno e anche per la definizione della «grande luce» ci si deve riferire sempre al tipo di materiale impiegato e alle sue caratteristiche meccaniche di resistenza. Nel raccontare l'evoluzione della tipologia del manufatto ponte non si può prescindere quindi dal materiale.

Dalla muratura al legno, dall'acciaio al calcestruzzo armato, si sono andati via via definendo i tipi strutturali fondamentali: l'arco, la fune in sospensione e la trave, in una vastissima gamma di espressioni formali. Cominceremo dalla muratura e dalla pietra, materiali ampiamente utilizzati dalla civiltà romana che diede un grandissimo impulso all'infrastrutturazione del territorio e di conseguenza a rilevanti progressi nel campo della costruzione dei ponti. Questi materiali portano con sé il tipo strutturale ad arco, in quanto questo grande protagonista nella panoramica della costruzione dei ponti fino al XIX secolo, è l'unica figura strutturale capace di incanalare secondo una traiettoria curvilinea lo sforzo che la muratura meglio era in grado di sopportare e che i costruttori romani erano in grado al tempo di intuire e controllare: ossia lo sforzo di compressione⁹.



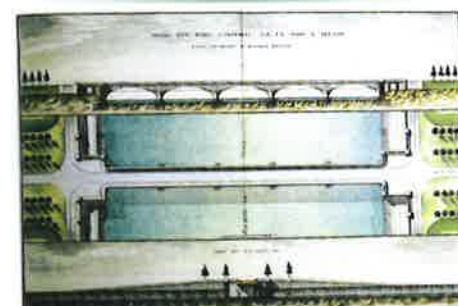
4. Ponte di Augusto a Rimini.



5. Pont du Gard a Nîmes.



6. Ponte di Avignone (1177-87); luce 34 m.



7. Ponte di Neully sulla Senna (J. Perronet, 1774). Luce 39 m; demolito nel 1939.



8. Pont de la Concorde (1791, J. Perronet); luce 31 m.



9. Viadotto di Fontpédrouse (1908, P. Séjourné).

In epoca romana il ponte era un manufatto subordinato al tracciato stradale, tuttavia questo non impedì che fossero costruite opere di carattere spiccatamente architettonico e monumentale; si pensi ai grandi acquedotti di Segovia (figura 3) e di Tarragona, al ponte di Alcantara, al ponte di Augusto a Rimini (figura 4), al Pont du Gard a Nîmes (figura 5) e al ponte Elio, oggi Sant'Angelo, a Roma del 134 d.C.

Gli esempi mostrano come l'arco in muratura si diffonda in tutta l'area europea e mediterranea, evolvendo per secoli proprio dal principio statico definito dai costruttori romani. L'arcata è a tutto sesto ed è costituita da conci il cui giunto risulta sempre perpendicolare alla linea d'intradosso, riuscendo così a sopportare, per mezzo della semplice compressione, i carichi verticali e raggiungendo di conseguenza luci «notevoli». Lo svantaggio è determinato dalla presenza della spinta orizzontale che richiede spalle e, se a più campate, pile molto massicce. Nell'alto Medioevo, con la caduta dell'Impero romano, si assiste a un rallentamento nella costruzione dei ponti e soprattutto delle infrastrutture. A partire dall'XI secolo si ha una ripresa e, sebbene il principio statico del ponte rimanga immutato rispetto alla realtà romana, si nota una maggiore varietà nelle forme strutturali: arco a sesto acuto, arco a sesto ribassato ecc.

Di quest'epoca sono da menzionare il ponte di Avignone sul Rodano (1177-1187) (figura 6) e il ponte Visconteo di Trezzo sull'Adda (1370-1377), che con una luce di 72 m avrebbe avuto la campata in muratura più lunga fino alla soglia del XX secolo se non fosse stato distrutto nel 1417.

Nell'età rinascimentale il ponte assume grande importanza anche come elemento monumentale della strada; ne dà prova il fatto che esso diventa oggetto dei trattati di architettura dove, per la prima volta, è riconosciuto con valore autonomo e non più subordinato a ragioni di ordine militare e viabilistico¹⁰.

Il generale progresso tecnologico del Rinascimento induce miglioramenti anche nella progettazione dei ponti: perfezionamento nella tecnica di costruzione di cassoni stagni per la posa delle sottostrutture nel fiume, miglioramento e maggior cura nelle opere fondazionali ecc. Un esempio di queste attenzioni maggiori rivolte alle costruzioni di ponti si può ritrovare nel Pont Neuf a Parigi (1578-1607), il quale comunque risulta piuttosto pesante nelle arcate e nelle pile e non supera i limiti di luce già raggiunti (luce massima 19,5 m); purtuttavia, come moltis-

simi ponti nel Rinascimento, esso è la dimostrazione esemplare di quanto un ponte potesse incidere sulle vicende della città e, più precisamente, risolvere il rapporto tra esigenze formali e necessità statiche. Si pensi al ponte di Rialto a Venezia e al ponte di S. Trinità a Firenze dell'Ammannati, opera che vede un forte ribassamento dell'arco, pari a circa 1/7 e una triplice curva d'arco (1570, luce 29 m).

Nel XVII secolo e nella prima metà del XVIII, non si registrano particolari novità: sostanzialmente immutati restano sia le tecniche che i procedimenti costruttivi, ciò che subisce mutamenti sono le decorazioni e gli stili.

Nell'ambito dei ponti in muratura una sorta di ideale spartiacque che, si può dire, dà inizio alla storia del ponte moderno, è l'opera del francese Jean Rodolphe Perronet¹¹ (1708-1794), favorita dalle condizioni socio-politico-economiche (apogeo della monarchia di Luigi XIV, politica economica di Colbert). L'opera di Perronet è una sorta di «rivoluzione» concettuale e metodologica, nel senso che egli riesce a codificare le intuizioni precedenti e al tempo stesso a rinnovare i principi di funzionamento statico e i metodi costruttivi del ponte ad arco in muratura.

Da citare, a tale riguardo, sono le parole di G. Pizzetti:

Va in effetti ascritto a suo merito [a Perronet] l'aver compreso come il criterio – sino allora considerato di massima sicurezza – della pila molto grossa (un criterio che richiedeva larghezza di pila circa pari a un quinto della luce dell'arcata) fosse in realtà un criterio di grande pericolosità sia per le alterazioni del regime idrico dei fiumi che per un errore concettuale di impostazione del concetto di sicurezza.

Va ascritto a merito di Perronet l'adozione sistematica delle pila snella a profilo adattato: pila già nota alla tecnologia dei ponti in legno – considerate peraltro opere leggere e di scarso impegno statico – mentre nei ponti in muratura il mito della enorme poussée degli archi induceva a diagnosi statiche del tutto fantasiose in merito alla stabilità delle pile.

Perronet comprese che la soluzione del problema consisteva nella piena accettazione dei vantaggi – e dei rischi – offerti dalla mutua elisione della componente orizzontale di tale poussée in corrispondenza delle pile¹².

Egli in pratica aveva compreso che la risultante delle sollecitazioni sulla pila si poteva considerare verticale, essendo la spinta dell'arcata bilanciata da quella dell'arcata successiva. La pila, anche con arco ribassato, non risentiva così della spinta, che veniva assorbita a livello di impalcato e trasferita alla fine alle spalle. Ciò determi-



10. Pont des Amidonniers a Tolosa (1911, P. Séjourné); luce 46 m.



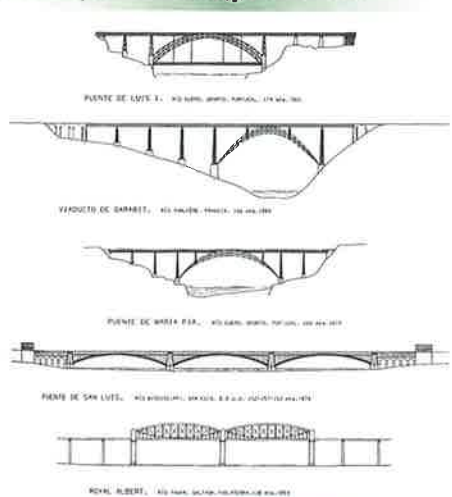
11. Ponte Adolphe, Lussemburgo (1903, P. Séjourné); luce 84,6 m; per molto tempo è stato il più lungo ponte ad arco in muratura.



12. Ponte Coalbrookdale (1775 -1779). Arco metallico di 30 m di luce.



13. Progetto di un ponte ad arco metallico a Londra (T. Telford, 1798); luce 183 m.



14. Schema di ponti ad arco metallici con luci progressive.



15. Ponte Maria Pia sul Douro a Oporto (1877, G. Eiffel); luce 160 m.

nava anche un metodo costruttivo modificato, ossia una centina multipla per permettere il flusso continuo di tensioni verso le spalle.

Il sistema, pur comportando maggiori costi, consentiva pile snelle, perché scaricate dalla spinta, con conseguente minor resistenza alla corrente, archi ribassati, curve appena accennate e superfici ridotte, vale a dire opere «leggere».

Con Perronet nasce quindi il concetto moderno di *struttura*, concepita ora come unità, al cui interno ogni elemento ha una funzione definita e collabora con gli altri alla resistenza d'insieme. A supporto di quanto detto si consideri la realizzazione di alcuni suoi ponti che, se non si possono annoverare tra quelli di grande luce sono sicuramente innovativi: il ponte di Neuilly sulla Senna del 1774, demolito nel 1939, luce di 39 m (figura 7), il Pont de la Concorde del 1791, luce di 31 m (figura 8), il ponte di Nemours del 1804, 16,5 m di luce.

Dopo l'opera di Perronet, la costruzione in pietra e muratura passa in una posizione progressivamente marginale nella storia del ponte, scavalcata dalle potenzialità offerte dai nuovi materiali (acciaio e calcestruzzo).

Si può dire che l'ultimo grande ingegnere del ponte in muratura sia Paul Séjourné (1851-1939), sia perché autore del testo *Grandes Voûtes*, sia perché progettista di ponti di un certo rilievo: il viadotto Fontpédrouse del 1908 (figura 9), il Pont des Amidonniers a Tolosa del 1911 con luce di 46 m (figura 10) e il Pont Adolphe nel Lussemburgo del 1903 (figura 11), che con i suoi 84,6 metri di campata è stato per molto tempo l'arco in muratura più lungo al mondo, superando quello di Trezzo sull'Adda.

A partire dalla seconda metà del XVIII secolo, con la ghisa e il ferro, si afferma anche un nuovo materiale: l'acciaio. Le caratteristiche meccaniche della ghisa ma soprattutto del ferro, impiegati in tale periodo nella costruzione dei ponti, consentono finalmente la definizione di nuove tipologie alternative all'arco quali la fune e la trave; pertanto al panorama quasi unitario dell'arco in muratura si sostituisce una scena maggiormente articolata. È comunque ancora l'arco, come tipo, che stabilisce la continuità col passato; continuità che si può attribuire da un lato all'inerzia secolare della costruzione in muratura e, dall'altro, al fatto che la ghisa, se resiste bene a compressione, ha scarse capacità di resistenza a trazione; pertanto i primi archi in ghisa ripropongono gli schemi statici dei ponti in pietra.

Il ponte Coalbrookdale (1775-1779) (figura 12), da cui si fa iniziare la storia del ponte metallico moderno, non presenta nulla di innovativo dal punto di vista strutturale salvo stimolare l'uso del ferro; con i suoi 30 m di luce dà avvio a una rapida sovrapposizione, spaziale oltre che temporale, di esperienze diverse nella costruzione dei ponti, in cui il criterio predominante sembra essere proprio quello dei «progressivi record di luce».

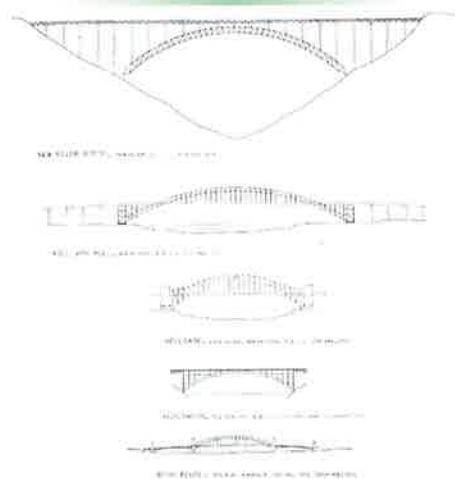
Il ferro e la ghisa, materiali di cui ancora si ignorano le potenzialità, consentono un'ampia libertà di sperimentazione tecnica e le luci dei ponti aumentano rapidamente; si pensi ad esempio al ponte di Sunderland sul Wear con una luce di 72 m (progetto di T. Wilson e R. Burdon) e al ponte di Southwark sul Tamigi del 1819 (J. Rennie) con una luce di 73 m.

D'altra parte, proprio l'aumento delle luci libere, raggiunte con strutture relativamente leggere grazie alle caratteristiche di resistenza del materiale, dà luogo a problemi di instabilità, per cui l'attenzione dei progettisti si sposta dalla questione della resistenza a quella dell'irrigidimento della struttura. Thomas Telford sarà tra quelli che proporranno una soluzione, ossia la collaborazione tra timpano, arco e impalcato, trasformando il reticolo di collegamento tra arco e impalcato in un elemento rigido e strutturalmente attivo. Gli esempi che si possono proporre sono il ponte di Craigellachie sullo Spey in Scozia, realizzato da Telford nel 1815 con una luce di 45 m, e il progetto per un ponte ad arco di 183 m di luce a Londra (figura 13) del 1798, sempre di Telford.

Dopo una sorta di esplosione dei ponti ad arco metallici, che raggiungono luci sempre maggiori, a partire dalla seconda metà dell'800 i modelli tradizionali vengono progressivamente abbandonati e le innovazioni si fanno strada anche grazie ai progressi nei procedimenti di lavorazione del ferro e alla comprensione sempre maggiore delle sue caratteristiche di resistenza (figura 14). Gli esempi sono molteplici, dal Royal Albert sul Tamar a Saltash (ponte ferroviario, 1853-1858), con due archi di tipo bowstring di 138 m di luce (I.K. Brunel), al ponte Saint Louis sul Mississippi a struttura reticolare (J. Eads) con luci di 152-157-152 m. Le prove migliori le danno i viadotti di Gustave Eiffel con struttura a traliccio, quali il ponte Maria Pia (figura 15) sul Douro a Oporto (1877) con luce di 160 m, il viadotto di Garabit (figura 16) sulla Truyère di 166 m del 1884 e ancora il ponte Louis I a Oporto di T. Seyrig con luce di 174 m (1885) e il ponte di Paderno sull'Adda di Röthlisberger con arco di 150 m e trave continua,



16. Viadotto Garabit (1884, G. Eiffel); luce 166 m.



17. Schema di ponti ad arco metallici con luci progressive.



18. Ponte Hell Gate a New York (1917, G. Lindenthal); luce 298 m.



19. Ponte Bayonne sul Kill van Kull (1931, O. H. Ammann e A. Dana); luce 510 m.



20. Ponte sulla baia di Sidney (1932, R. Freeman); luce 503 m.

realizzato tra il 1887 e il 1889 con funzione sia ferroviaria che stradale. Con l'introduzione dell'acciaio, sul finire del secolo, il ponte ad arco prosegue la sua corsa verso la grande luce, grazie alle sempre migliori caratteristiche del materiale. La figura 17 illustra tale progredire con opere quali il Bonn-Beuel del 1898 di 187 m di lunghezza, il ponte Honeymoon sul fiume Niagara dello stesso anno che con un arco a due cerniere raggiunge i 256 m di luce, l'Hell Gate (figura 18) di G. Lindenthal del 1917 con luce di 198 m, arrivando a superare i 500 m di luce con il ponte di Bayonne sul Kill van Kull a New York (figura 19) di O.H. Ammann e A. Dana – che nel 1931 raggiunge i 510 m di lunghezza –, il ponte sulla baia di Sidney (figura 20) di R. Freeman del 1932, con luce di 503 m e il New River Gorge, negli Usa, 1976, di ben 518 m di lunghezza (figura 21). Sebbene nell'ambito della costruzione dei ponti ad arco in acciaio non si siano superate le luci fin qui indicate, è pur vero che si sono attuate delle innovazioni soprattutto nella forma, un esempio per tutti è il ponte di Fehmarnsund in Germania, dove gli archi si inclinano creando una forma leggera ed elegante (1963, luce di 248 m). Se il primo periodo della storia del ponte metallico è dominato dalla figura dell'arco, a partire dalla seconda metà dell'800, con la produzione a livello industriale di ferro laminato e con la definitiva affermazione del trasporto ferroviario, si assiste alla diffusione del tipo strutturale a travata. In pratica i progettisti si resero conto che la figura dell'arco – pur esteticamente nobilissima – risultava maggiormente congeniale alla muratura e che la necessità della grande luce che almeno fino al 1930 si pensava di risolvere ricorrendo a grandissimi archi in acciaio, trovava i suoi limiti in questa figura strutturale che appariva sempre più antieconomica all'aumentare della luce e mal sfruttava le alte capacità di resistenza offerte dall'acciaio, figura maggiormente idonea a lavorare a compressione¹³. Più vantaggiose appaiono quindi le realizzazioni di ponti a travata, sia piena che reticolare, secondo le figure statiche della trave continua e Gerber (figura 22). Nell'ambito dei ponti a travata degno di menzione è il Britannia Tubular Bridge di R. Stephenson e W. Fairbairn (1850) sullo stretto di Menai (figura 23), costituito da una trave rettilinea a cassone¹⁴ entro cui passava la strada ferrata. In un primo momento l'espressione tipica del ponte a travata è quella della figura reticolare che dominerà la scena del ponte per oltre mezzo secolo, passando dalla «ridondanza e

confusione» dell'espressione figurativa iniziale a una fase di razionalizzazione e di chiarezza, legata a una comprensione più esatta del compito statico delle aste del reticolo e quindi dell'economia globale della geometria di quest'ultimo; in pratica si assiste a una progressiva essenzialità geometrica del reticolo¹⁵.

Esempi tra i più interessanti sono il ponte Kuilenburg del 1868 di 150 m di lunghezza, il famosissimo Firth of Forth (figura 24) di Benjamin Baker del 1890 con luce di ben 521 m e il ponte sul S. Lorenzo a Quebec in Canada (figura 25) del 1917 di 549 m di luce.

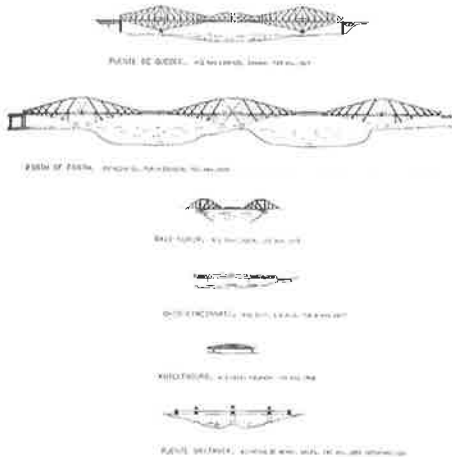
In una seconda fase, grazie alle possibilità compositive offerte dalla lamiera d'acciaio saldata, i limiti posti alle applicazioni della trave a parete piena si dilatano e di conseguenza la supremazia della trave reticolare, che aveva dominato la prima fase, si riduce. Si ha quindi, soprattutto a partire dalla fine della seconda guerra mondiale, un fiorire di ponti a travatura con anima piena; gli esempi si moltiplicano e le luci aumentano progressivamente. Si pensi al ponte Colonia-Deutz di F. Leonhardt del 1948 con luci di 133-185-120 m, al ponte Bonn-Beuel del 1949 con i suoi 196 m di lunghezza, al ponte dello Zoo di Colonia, ancora di Leonhardt, che nel 1962 raggiunge i 259 m di lunghezza, sino al ponte sulla Sava a Belgrado che nel 1956 presenta una luce di 261 m.

In concomitanza, o quasi¹⁶, con questi processi evolutivi nel campo dei ponti metallici si afferma, con ritmo sempre più accelerato, il ponte in cemento armato.

In realtà sia il calcestruzzo che il ferro erano noti già ai Romani e venivano utilizzati nella costruzione dei ponti, il loro impiego combinato, però, ha un'origine relativamente recente: solo verso la metà del XIX secolo infatti, quando si capisce che alla scarsa capacità di resistenza a trazione del calcestruzzo può rimediare la presenza di barre in ferro annegate nel conglomerato, inizia la storia del cemento armato e si apre un ampio campo di possibilità nella costruzione dei ponti. L'età pionieristica di questo materiale si apre con Joseph Monier, giardiniere francese, che nel 1867 brevettò l'idea base del cemento armato e successivamente nel 1875 realizza il primo ponte ad arco in cemento armato nel parco del marchese Tilière de Chazet: una passerella pedonale di «piccola luce» di 16,5 m di lunghezza. Nel volgere di qualche decennio il calcestruzzo armato diventa un mezzo riconosciuto di progettazione, certificato dai primi regolamenti ufficiali prussiani del 1903 e da quelli francesi del 1906.



21. Ponte New River Gorge (1976); luce 518 m.



22. Schema di ponti metallici a travata con luci progressive.



23. Britannia Tubular Bridge (1850, R. Stephenson e W. Fairbairn); luce 142 m.



24. Ponte Firth of Forth (B. Baker, 1890); luce 521 m.



25. Ponte S. Lorenzo a Quebec in Canada (1917); luce 549 m.

Una delle figure più significative di questo periodo è François Hennebi-que; questi ebbe l'intuizione dell'importanza che avrebbe assunto il cemento armato e ignorando le perplessità del mondo accademico fondò un'impresa elaborando un sistema completo di costruzione con solette, travi e pilastri in cemento armato. Non può quindi mancare il suo nome nella storia del ponte in cemento armato e non si possono non ricordare alcune sue opere, che di certo non sono di grande luce ma risultano interessanti proprio per l'utilizzo di questo materiale: il ponte Chatellerault del 1899 di luce 50 m, il ponte Lieja del 1905 con luce di 55 m e il ponte Risorgimento a Roma (figura 26) di ben 100 m e, successivamente, su questi esempi, il primo ponte ferroviario in cemento armato realizzato da E. Zublin di 100 m di luce a Langwies nel 1914. Un contributo significativo nella storia dei ponti ad arco in cemento armato è offerto dall'attività di Robert Maillart; uno dei progettisti di ponti in cemento armato più importanti del XX secolo. La grandezza di questo ingegnere sta nel fatto che i suoi risultati espressivi sono notevolissimi, ma non sono ricercabili all'esterno dell'impegno tecnico-strutturale; la novità della sua opera si spiega infatti soprattutto con una vitalità tutta interna al progetto strutturale e riconoscibile nella figura statica del ponte. Egli è autore di diversi tipi di ponte ad arco: ponti con schema statico a tre cerniere, dove il timpano da semplice diaframma è trasformato in elemento strutturale, utilizzando come resistente una sezione scatolare (formata da due timpani, dall'arco e dall'impalcato), molto più efficace della sezione aperta tradizionale. Il contributo più originale arriva quando Maillart, di fronte al problema della collaborazione degli elementi che costituiscono i ponti ad arco (volta, impalcato, setti di collegamento), comprende che solo irrigidendo l'impalcato diventa possibile scaricare l'arco di quegli sforzi flettenti che si traducono in una risposta strutturale imperfetta e quindi realizza i cosiddetti ponti ad arco a volta sottile e impalcato irrigidente¹⁷. Tra le sue opere si possono citare alcuni ponti, che anche in questo caso non sono di grande luce, ma risultano altamente innovativi per quanto detto sopra: il ponte ad arco a tre cerniere timpanato di Zuoz sull'Inn, del 1901, con una luce di 30 m; il ponte sul Thur a Billwill, in Svizzera, del 1904, con due archi di 35 m di luce; l'arco a tre cerniere, non più timpanato, di Tavanasa (figura 27) che nel 1905 raggiunge una lunghezza di 51 m; quello sul Thur del 1933 con luce di 72 m; il meraviglioso ponte

Salgina-Tobel (figure 28-29) con una luce di 90 m del 1930. Nell'ambito degli archi a volta sottile e impalcato irrigidente si possono ricordare il ponte sulla valle Tschiel di 43 m di lunghezza costruito nel 1925 e il ponte di Schwandbach (figura 30) del 1933 di 37,4 m di luce.

Circa nello stesso periodo in cui Maillart costruisce il Salgina-Tobel, un altro ingegnere francese compare nella scena della costruzione dei ponti in cemento armato e cemento armato precompresso: Eugène Freyssinet. Giovannissimo, egli realizza un'opera quale il ponte sull'Allier a Le Veurdre, in Francia, (1910) costituito da tre archi molto ribassati di ben 77,5 m di luce; a questo progettista dovrà molto la tecnica del cemento armato precompresso; Freyssinet, infatti, mette a punto un nuovo sistema di smontaggio delle centine: mediante alcuni martinetti in chiave trasferisce una compressione uniforme all'arco – da qui l'idea della precompressione – che, sollevandosi di qualche centimetro, rende agevole il disarmo¹⁸.

La sua opera continua con altri grandi ponti ad arco: il ponte sulla Senna a Saint Pierre du Vauvray con archi di 132 m di lunghezza nel 1922 e il ponte Plougastel (figura 31) che, nel 1930, raggiunge una luce di 186 m. Grazie all'insegnamento di questi grandi maestri, il ponte ad arco in cemento armato e cemento armato precompresso entra in una fase matura e amplia progressivamente il suo campo d'applicazione, sostituendo sia le tradizionali opere in muratura sia, nell'ambito di luci medie, l'arco in acciaio.

Lo schema riportato in figura 32 ribadisce il progredire verso la grande luce del ponte ad arco in cemento armato e cemento armato precompresso con opere quali il viadotto Fiumarella a Catanzaro, realizzato da Riccardo Morandi nel 1962 con una luce di 231 m (figura 33), il ponte Sandö a Stoccolma, che già nel 1942 raggiungeva i 256 m di lunghezza, il ponte Gladesville sul fiume Parramatta, in Australia, che solo due anni più tardi superava i 305 m di luce, il ponte Arrabida sul Douro di Edgar Cardoso del 1963 con luce di 270 m, per raggiungere i 390 m di luce con il ponte di Krk (figura 34) in Croazia nel 1979 e, nel 1997, i 420 m con il ponte di Waxian (figura 35) in Cina.

Dopo aver conquistato uno spazio adeguato nel campo dei ponti ad arco, il materiale calcestruzzo invade anche quello dei ponti a travata di luce media e grande dove entra in competizione con l'acciaio.

Più che pretendere di raggiungere la grandissima luce, il calcestruzzo si mo-



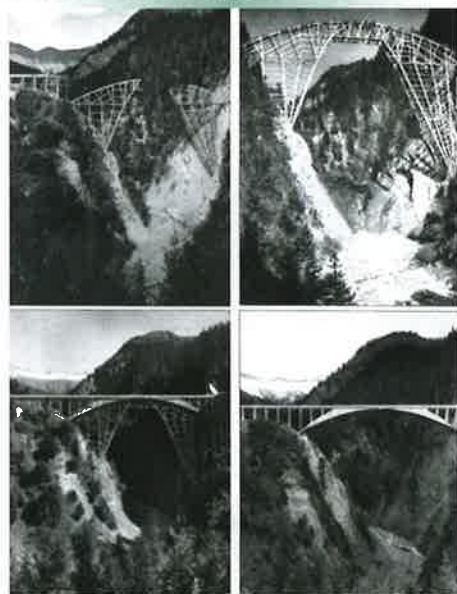
26. Ponte Risorgimento a Roma (1911, F. Hennebique); luce di 100 m.



27. Ponte di Tavanasa (1905, R. Maillart), arco a tre cerniere con luce di 51 m.



28. Ponte Salgina Tobel (1930, R. Maillart), arco a tre cerniere di 90 m di luce.



29. Ponte Salgina Tobel, fasi costruttive.



30. Ponte di Schwandbach (1933, R. Maillart), arco a volta sottile e impalcato irrigidente con luci di 37,4 m.

stra idoneo a coprire grandi spazi e ampie distanze, dove siano necessari estesi viadotti e sopraelevate urbane con strutture a travata semplicemente appoggiata o continua; la sua importanza risiede nei metodi costruttivi e nell'avvento della prefabbricazione: si pensi al procedimento a getti continui grazie all'uso della cassaforma-cantiere mobile che permette appunto di trafilare il getto sia in elevazione (cassaforma rampante per la costruzione di pile), sia in orizzontale (cantiere attrezzato mobile per la realizzazione dell'impalcato tra pila e pila)¹⁹.

La massima luce raggiunta dai ponti a travata in cemento armato è quella centrale del ponte Villeneuve St.

George, sulla Senna, realizzato nel 1939 da H. Lossier con una trave continua di 41-78-41 m di luce (figura 36). La tecnica del cemento armato precompresso con tipologia a travata consente di raggiungere luci ben più notevoli (figura 37), quali:

- il ponte a Bendorf del 1964 con una luce di 208 m;
- l'Urado Ohashi che nel 1972 raggiunge i 230 m di lunghezza (figura 38);
- l'Hikoshima Ohashi del 1975 di 236 m di luce (figura 38);
- l'Hamana Ohashi del 1976 con una luce di 240 m;
- il ponte tra le isole Koror e Babelthaupt di 240,80 m realizzato nel 1978;
- il ponte Gateway a Brisbane (figura 39) del 1985 con una luce di 260 m;
- il ponte Varodd in Norvegia (figura 40) del 1994 con una luce di 260 m.

Oggi, nell'intento di superare grandi distanze con grandi luci, le figure strutturali finora descritte (arco e trave) devono essere abbandonate; infatti la trave, figura strutturale resistente per massa, e l'arco, figura strutturale resistente per forma, risultano meno idonei dal punto di vista tecnico-economico di un altro tipo strutturale, sempre resistente per forma, la fune.

Il ponte sospeso è un tipo primitivo, nel senso che la struttura in sospensione è uno dei sistemi più antichi concepiti dall'uomo per il superamento di valli e gole montane; infatti le prime notizie di passerelle realizzate con funi di corda risalgono al III secolo a.C. Queste erano realizzate con fibre vegetali a cui risultava appesa una sorta di impalcato, solitamente in legno. Inoltre, è da intendersi come tipologia «primitiva» in quanto, come per l'arco, il suo regime statico è di facile intuizione.

L'introduzione del ferro, prima, e dell'acciaio poi, ha richiamato un notevole interesse nei confronti delle strutture sospese, proprio perché in questa tipologia vi è la possibilità di

sfruttare al meglio le potenzialità offerte dall'acciaio, facendolo lavorare a trazione; vale a dire che a tale figura si associa immediatamente il materiale acciaio, la cui elevata resistenza a trazione fa delle funi in questo materiale l'elemento strutturale ideale per le grandi campate.

La prima passerella con catene di ferro fucinato è quella di Winch sul Tees del 1741, in cui l'impalcato è posato direttamente sulle catene, ma il primo vero ponte in cui l'impalcato è irrigidito risale al 1801, ad opera di James Finley, a Jacob's Creek. L'opera aveva una luce modesta, solo 22 metri, ma nella struttura comparivano oltre ai cavi portanti altre catene di sospensione a cui era appeso l'impalcato in legno.

Il brevetto Finley del 1808 assomigliava molto agli attuali ponti sospesi e prevedeva torri che sorreggessero le catene, che a loro volta si estendevano oltre l'estremità delle torri con andamento rettilineo, fino agli ancoraggi; le catene erano formate da lunghi elementi concatenati di ferro laminato²⁰.

È dunque la catena che domina la prima età del ponte sospeso, che intorno al 1820 si afferma come la soluzione più comune per attraversamenti stradali di grande luce.

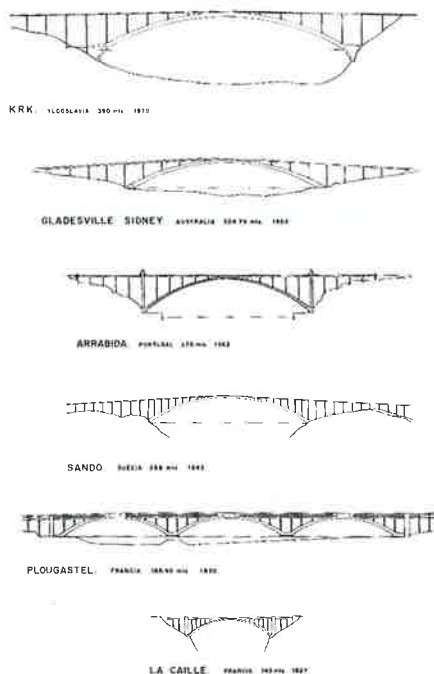
Gli schemi della figura 41 individuano appunto le tappe dell'evoluzione del ponte sospeso. Già nel 1820 si superavano i 100 metri di luce con il ponte Union Bridge sul Tweed in Gran Bretagna (figura 42), che appunto raggiunge la lunghezza di 152 m, e con il ponte sullo Stretto di Menai (figura 43) sempre in Gran Bretagna, realizzato da Thomas Telford nel 1826 con una luce di 177 m.

Nel giro di pochi anni si raggiungono e si superano, con tale tipologia, i 250 metri di luce con il ponte Friburgo di J. Chaley (1832-1834, luce di 256 m) in Svizzera, con il ponte ferroviario sul Niagara di J. Roebling del 1855 con una luce di 250 m, con il ponte Wheeling sul fiume Ohio nel 1849 (luce di 308 m) mentre, sempre sul fiume Ohio a Cincinnati, si raggiungono i 322 m nel 1867 ad opera ancora di J. Roebling. Nel 1870 Roebling inizia la costruzione del ponte sospeso più famoso, quello di Brooklyn (figura 44), New York, che viene concluso solo nel 1883 dal figlio di Roebling e che raggiunge una luce di 486 m.

Solo dopo il progetto del Brooklyn Bridge, la progettazione dei ponti sospesi trova una base razionale in una procedura matematica; per l'analisi strutturale viene infatti introdotta e sviluppata da Castigliano, Müller-Breslau, Maxwell e altri la cosiddetta *Elastic Theory*, ossia Teoria Elastica o Teo-



31. Ponte di Plougastel (E. Freyssinet, 1930); luce 186 m.



N°	Paese	Nome	Soluzioni	Chiusi (m)	Anno	Perimetro
1	Cina	Pont de Wanshan Yang	Wanshan, Schuan	Yang	1887	428
2	Croazia	Pont de Kik (Theresia)	Kik de Kik	Adriatico	1878	330
3	Cina	Pont de Jangshu	Jangshu, Shantung	Wu	1893	330
4	Cina	Pont de Yangshu	Yangshu, Shantung	Yangshu	1895	312
5	Austria	Pont de Chiodin	Chiodin	Chiodin	1884	208
6	Paraguay	Pont de l'Amazone	Paraguay-Brazil	Paraguay	1882	290
7	Algeria	Pont de Boukara	George Van Steen	Boukara	1883	272
8	Portogallo	Pont de l'Alameda	Porto	Alameda	1883	370
9	Cina	Pont de Sanchi	Sanchi, Gougu	Tsing	1898	270
10	Sudafrica	Pont de Sarda	Camford	Angerman	1942	220
11	Francia	Pont Chateaubriand	Douch (St. Meni)	La France	1891	260
12	Algeria	Pont autoroutier	Gelbouda	Orléans	2000	282
13	Croazia	Pont de la Rika	Sibani	Rika	1888	348
14	Indonesia	Pont de Rongkong	Sunarta	Rongkong	1898	240
15	Croazia	Pont de la Rika (Gougu)	St. de Rika	Adriatico	1819	244
16	Cina	Pont de Sanchi	Sanchi, Gougu	Yangshu	1895	240
17	Giappone	Pont de Myoban	Beifu	Myoban	1899	220
18	Italia	Pont sur la Fiumarella	Campione	Fiumarella	1881	331
19	Ucraina	Sparsko	Orger	Orger	1881	238
20	Paraguay	Pont de No. Zaira	Schuan	Schuan	1883	234
21	Algeria	Pont de Kik (St. A. 50)	Billing, Kik	Kik	1898	222
22	Paraguay	Pont de No. Sad	No. Sad	Donube	1881	211
23	Paraguay	Pont de Rio Eia	Zemora	Eia	1942	210
24	Austria	Pont de Braganza	Loggito	Braganza	1887	210
25	Paraguay	Pont de Sanchi	Sanchi	Sanchi	1883	204
26	Austria	Pont de Phalleng	Tauernstein	Tauernstein	1889	200
27	Algeria	Pont de Sanchi	Sanchi	Sanchi	1881	200
28	Cina	Pont de Wanshan Yang	Wanshan, Schuan	Yang	1887	200
29	Francia	Pont de la Roche Bernard	La Roche Bernard	La Roche Bernard	1886	200
30	Croazia	Pont de Kik	Kik	Kik	1887	200

32. Schema di ponti ad arco in cemento armato con luci progressive. Tabella relativa ai ponti ad arco in cemento armato.



33. Viadotto Fiumarella (1962, R. Morandi); luce 231 m.



34. Ponte Krk in Croazia (1979), luce 390 m.

ria del Primo Ordine. Il primo ponte in cui si applica tale teoria è il William-sburg sull'East River a New York nel 1903, superando una luce di 488 m. Verso la fine dell'800 il professor Melan sviluppa a Vienna una modifica della Teoria Elastica: la *Deflection Theory* (Teoria del Secondo Ordine), che tiene conto della resistenza addizionale di un cavo quando porta carichi permanenti molto elevati. In base a questa teoria è possibile assegnare al cavo di sospensione un'aliquota maggiore dei carichi mobili e una gran parte delle forze dovute al vento. Leon Moisseiff applica per la prima volta tale teoria nel 1909 per il progetto del ponte di Manhattan sempre sull'East River che raggiunge una luce di 448 m. Tale opera ispirò innumerevoli altri progetti tra cui il ponte Delaware a Philadelphia nel 1926 con luce di 533 m e l'Ambassador a Detroit nel 1929 di lunghezza pari a 564 m. Il *grande salto*, cioè il superamento dei 1000 metri di luce, avviene con la costruzione del George Washington Bridge sul fiume Hudson a New York (figura 45); l'opera, progettata da O. Ammann nel 1931, raggiunge infatti i 1067 m di lunghezza. Dello stesso progettista è anche il ponte Golden Gate (figura 46), che a pochi anni di distanza, nel 1937, arriva a 1280 m di luce.

Nel 1940 un altro ponte di notevole luce, la cui campata centrale presentava 853 m di lunghezza, veniva aperto al traffico sullo stretto di Tacoma (figura 47). Il progetto di L. Moisseiff portava solo due corsie stradali sull'impalcato realizzato da una trave a parete piena di 2,4 metri di spessore; sin dalla sua apertura al traffico si osservarono dei movimenti ondulatori che andarono aumentando e che portarono al crollo del ponte (figura 47). Questo produsse una serie di incertezze e di interrogativi, fino a che si individuarono le cause del crollo nelle dimensioni troppo ridotte dell'impalcato in rapporto alla luce che rendeva la rigidità torsionale inadeguata, inoltre le travi da sole non provvedevano sufficiente rigidità flessionale; questo aveva mandato in risonanza l'impalcato determinandone il crollo. Questa esperienza ebbe comunque delle conseguenze positive, in quanto si iniziarono ad effettuare verifiche sui modelli dei ponti nelle gallerie del vento, per osservarne la stabilità aerodinamica, e prese l'avvio l'analisi matematica delle caratteristiche aerodinamiche di questa tipologia. Questi studi permisero la realizzazione di molti ponti tra cui il ponte sullo stretto di Verrazzano (figura 48), opera di O. Ammann nel 1964, con luce di 1298 m e il ponte sul Severn (figura 49)

nel 1966; quest'ultimo risulta interessante non tanto per la luce raggiunta, 988 m, quanto per la trave a cassone con profilo aerodinamico interamente saldata, nella quale, appunto, le funzioni di trave irrigidente e impalcato stradale sono integrate, il che consente una sostanziale riduzione nel peso dell'impalcato e dei cavi.

Su questi concetti si basa la costruzione di un altro ponte che nel 1974 raggiungeva e superava i 1400 metri di luce: l'Humber Bridge (figura 50), realizzato dallo Studio Freeman, Fox and Partners (luce di 1410 m).

Dopo la grande età americana del ponte sospeso, in un panorama reso internazionale dallo sviluppo tecnologico, si giunge al resoconto recente, scandito dal ponte europeo di Storbælt (figura 51) di ben 1624 m di luce realizzato tra il 1996 e 1998 e dal ponte giapponese di Akashi Kaikyo (figura 52), la cui realizzazione è del 1998 e che raggiunge una lunghezza di campata di 1991 m.

Se il ponte sospeso – o quanto meno la struttura in sospensione – è probabilmente il più antico concepito dall'uomo, il ponte strallato costituisce una figura strutturale alquanto recente e caratterizzata da un'evoluzione molto rapida. Prima di passare alle tendenze future, o meglio alle intenzioni future, relative alle grandi luci, diamo un breve cenno di questa tipologia che appartiene anch'essa alla famiglia dei ponti di grande luce. Si può dire che tale tipo derivi dal ponte sospeso – nelle cui varianti a volte compaiono strallature secondarie accanto ai tradizionali cavi di sospensione verticali (come nel caso del Brooklyn Bridge) – ma che oggi ha ormai assunto appieno una chiara fisionomia statica che lo configura come tipo a se stante.

L'idea, osserva F. De Miranda, di creare dei punti intermedi di sostegno a una trave di grande luce mediante una serie di tiranti inclinati, ormeggiati attraverso strutture a torre che consentono di ubicare a un livello più elevato di quello della trave i vincoli dei tiranti stessi, è (comunque) molto antica²¹.

Le prime applicazioni di questa tecnica risalgono al secolo XVII – in Italia (Faustus Verantius), in Germania (Immanuel Löschner) e in Inghilterra (Redbath and Brown) – ma è solo dopo la fine della seconda guerra mondiale che l'applicazione si fa degna di interesse per i notevoli vantaggi di ordine tecnico ed economico che offre nella costruzione di ponti di grande luce rispetto ai sistemi tradizionali. La figura 53 mostra la molteplicità e la varietà delle soluzioni che questa struttura fornisce.

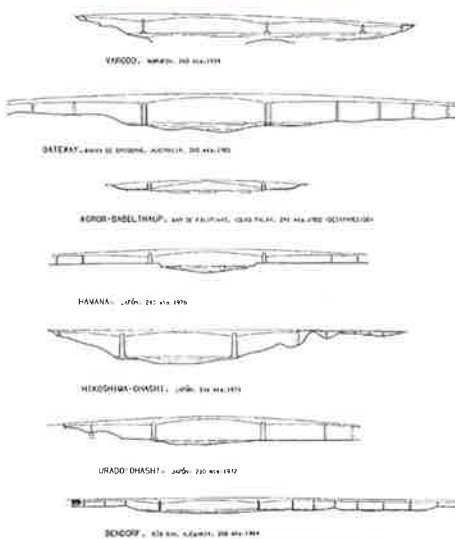
In Germania F. Dischinger portò a-



35. Ponte di Waxian in Cina (1997) luce 420 m.



36. Ponte Villeneuve St. George (H. Lassier), ponte a travata in cemento armato, con luci rispettivamente di 41+78+41 m.



37. Schema di ponti in cemento armato pre-compresso a travata con luci progressive.



38. Ponti Urado Ohashi (1972) luce 230 m e Hikoshima Ohashi (1975) luce 236 m.



39. Ponte Gateway, Brisbane (1985); luce 260 m.



40. Ponte Varodd, Norvegia (1994); luce 260 m.

vanti, a partire dagli anni '30, intensi studi sui ponti strallati e raggiunte le conclusioni che cavi, formati con fili di elevata tensione e sostanzialmente pre-tesi per sopportare i carichi permanenti dell'impalcato, avrebbero potuto fornire un'adeguata stabilità aerodinamica e anche un'efficiente rigidità.

Si può dire che fu lo stesso Dischinger a progettare il primo ponte strallato: il ponte di Strömsund (figura 54) in Svezia nel 1956 che presentava una luce di 183 m. Due anni più tardi, 1958, veniva realizzato il Theodor Heuss sul Reno a Düsseldorf con una luce di 260 m e nel 1960 il ponte Severins a Colonia di ben 301 m di campata e con pila ad «A».

Già in questi primi esempi, ravvicinati negli anni, si riscontra una notevole varietà nella disposizione degli stralli e nella forma delle pile. A partire dalla seconda metà del 1960, grazie alle innovazioni tecnologiche e alle opportunità offerte dai computer nell'analisi strutturale, si introducono sistemi di strallatura a cavi multipli.

Il primo ponte con cavi multipli è il Friedrich-Ebert sul Reno a Bonn del 1967 con luci rispettivamente di 120-280-120 m. Si deve poi ricordare il ponte Khölbbrand ad Amburgo del 1974, con luce massima di 325 m, primo ponte con cavi multipli sistemati su piani inclinati che partono da torri a forma di «A». La prima generazione di ponti strallati venne quasi interamente realizzata in Germania, successivamente, a partire dalla seconda metà degli anni '70, essa si diffuse anche nel resto d'Europa; si può quindi parlare di seconda generazione di ponti strallati e il primo manufatto che si può considerare di questa seconda generazione è il St. Nazaire in Bretagna del 1975 con una luce di 404 m.

L'evoluzione e la varietà che si riscontrano in questa figura strutturale sono legate sia alla diversificata disposizione che gli stralli possono assumere, sia alla forma delle pile, ma anche ai materiali che si utilizzano per realizzare i vari elementi strutturali (pile, impalcato, stralli). Alcuni ponti presentano impalcato in cemento armato, come ad esempio:

- il ponte Barrios de Luna del 1983 con una luce di 440 m (figura 55);
- l'Annacis Bridge del 1986 con una luce di 456 m;
- il ponte Skarnsundet in Norvegia, realizzato nel 1991 con una campata principale di 530 m di lunghezza;
- il ponte Yangpu (figura 56) del 1993, in Cina, con luce di 602 m;
- il ponte di Normandia (figura 57), realizzato in Francia nel 1994 con una luce di 856 m.

Inoltre la figura del ponte strallato ha offerto possibilità di applicazioni competitive anche al cemento armato presollecitato non solo nell'impalcato, ma quasi nell'intera struttura del ponte; a tale riguardo si possono menzionare il ponte Maracaibo (figura 58) di R. Morandi, realizzato nel 1962, e il ponte Ganter (figura 59) di C. Menn del 1980 con una luce di 174 m.

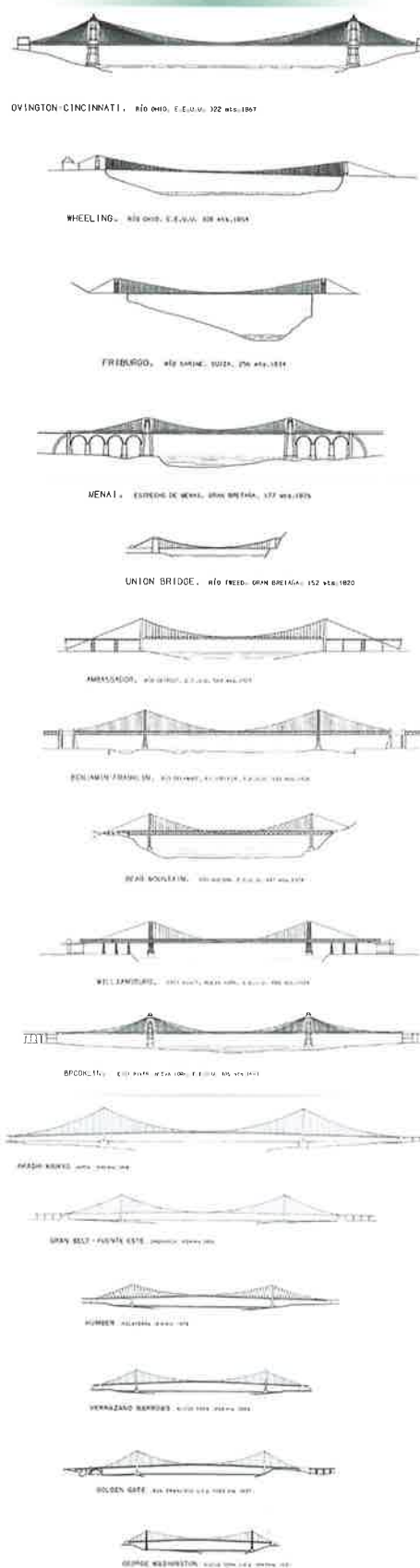
Per quanto riguarda la particolare conformazione che gli stralli possono assumere si devono ricordare due opere spagnole realizzate entrambe da Leonardo Fernández Troyano, precisamente il ponte Sancho el Mayor sul fiume Ebro (figura 60) del 1978 con una luce di 146 m e il ponte sul fiume Lerez a Pontevedra (figura 61) del 1995 con una luce di 125 m.

Per concludere si possono ricordare le recenti realizzazioni di ponti strallati multipli, quali: il viadotto dell'Arena (figura 62), progettato da J.J. Arenas nel 1993 con luci di 105 m, realizzato in curva, e il ponte Mezcala (figura 63) dello stesso anno con campate di 321 m di luce. Infine si giunge alle recentissime realizzazioni con luci record: il ponte giapponese Tatara (figura 64) del 1999 con una luce di 890 m e il ponte stradale e ferroviario insieme di Øresund (figura 65), completato nel 2000 con luce di 490 m.

C'è chi sostiene che il ponte strallato può raggiungere anche luci considerevolmente maggiori e quindi entrare in competizione, nell'ambito della *grande luce*, con il ponte sospeso.

Non si deve infatti dimenticare che il ponte sospeso presenta «come tallone d'Achille» una certa deformabilità e una certa instabilità aerodinamica, insite nella sua fisiologia strutturale; il ponte strallato per contro sembra offrire nuove e più fruttuose possibilità di sfruttamento della funzione dei «tensori» di sospensione dell'impalcato soprattutto agli effetti della deformabilità del complesso in dipendenza dei carichi variabili. Ciò dipende appunto dalle molteplici combinazioni che possono essere previste per la geometria di tracciato degli stralli e per i vincoli di collegamento degli stessi con l'impalcato, con i piloni, con i punti di ancoraggio²².

Studi e progetti di ponti strallati per l'attraversamento di *grandissime luci* non mancano; si vedano a tale riguardo le pubblicazioni di Fritz Leonhardt e di Fabrizio De Miranda, scritte alcune insieme e altre separatamente²³, inerenti alla possibilità per il ponte strallato di raggiungere e superare nelle grandi luci il ponte sospeso e anche al progetto, redatto in collaborazione all'interno del Gruppo Lambertini, per il Concorso del 1969 per l'attraversamento dello stretto di Messina. La proposta prevedeva un ponte strallato con una luce centrale di 1300 m, portata in seguito, nel 1981, in una revi-



41. Schema di ponti sospesi con luci progressive.



42. Union Bridge sul Tweed (1820); luce 152 m.



43. Ponte sullo stretto di Menai (1826, T. Telford); luce 177 m.



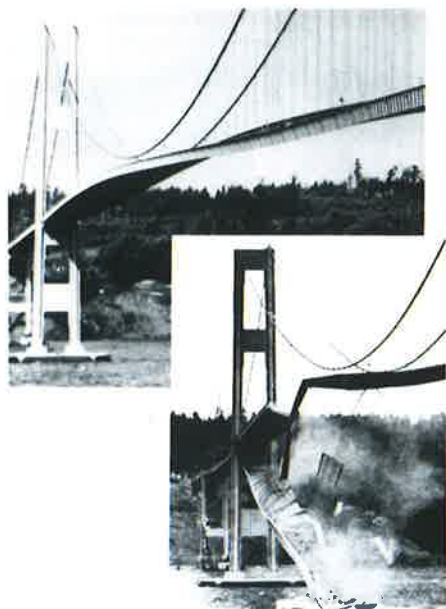
44. Brooklyn Bridge (1870-1883, J. Roebling); luce 486 m.



45. Ponte George Washington (1931, O. Ammann); luce 1067 m.



46. Ponte Golden Gate (1937, O. Ammann); luce 1280 m.



47. Fasi del crollo del ponte sullo stretto di Tacoma (1940); luce 853 m.



48. Ponte sullo stretto di Verrazzano (1964, O. Ammann); luce 1298 m.



49. Severn Bridge (1966), la sezione trasversale con trave a cassone; luce di 988 m.



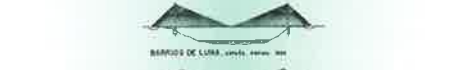
50. Humber Bridge (1974, Freeman & Fox); luce di 1410 m.



51. Ponte Storebælt (1996-1998); luce 1624 m.



52. Ponte Akashi Kaikyo (1998); luce 1991 m.



53. Schema dei ponti strallati con luci progressive.

sione del progetto a ben 1750 m (figure 66-67).

Il concorso non si è ancora risolto in una realizzazione effettiva nonostante siano molteplici le proposte effettuate. Nella maggior parte dei casi si trattava di tipologia a ponte sospeso: il ponte a tensostruttura di S. Musmeci (figura 68) con campata centrale di 3000 m, il progetto di ponte sospeso del Gruppo Ponte di Messina, in cui si raggiungevano i 3300 m in una revisione del 1981 (figura 69).

Il progetto di massima per l'opera (figura 70), redatto nel 1992 e che sembra quello che potrebbe essere realizzato, prevede proprio una luce di 3300 m e una sezione trasversale, che ha visto varie evoluzioni nel corso degli anni (figura 71) e raggiunge una larghezza di 60,40 m, per ospitare la ferrovia e le corsie stradali.

Un ampio salto è stato necessario per passare dall'attuale record di 1991 m dell'Akashi Kaikyo ai 3300 m del ponte di Messina; un passo molto azzardato che mai prima di oggi si è verificato nella storia dei ponti, infatti l'evoluzione dei ponti è sempre stata caratterizzata da piccole variazioni che hanno condotto fino all'attuale record di luce. Ma l'ambizione umana e la volontà di andare oltre, non si fermano, basti pensare a uno dei progetti di ponte sospeso per l'attraversamento dello stretto di Gibilterra (figura 72), in cui si prevede un ponte sospeso a campate multiple con luci di 3550 metri.

Bibliografia di riferimento del testo e delle immagini

Bennett D., *The creation of Bridges. From vision to reality. The ultimate challenge of architecture, design and distance*, Aurum, London 1999.

Brown D. J., *Bridges*, Macmillan, New York 1993.

Catalogo Freyssinet, *Cable-stayed Bridges*, Velizy Villacoublay, 1994.

Dani F., *Il libro dei ponti*, Sarin, Milano 1988.

De Miranda F., Pitto E., «Questioni centrali sul problema delle grandi luci e sul processo evolutivo del ponte metallico», *Costruzioni Metalliche* 6, 1963.

De Miranda F., «Problemi attuali della costruzione dei ponti in acciaio nel campo delle piccole, medie e grandi luci», *Bollettino degli Ingegneri* 2, 1964.

De Miranda F., «Il ponte strallato. Soluzione attuale della costruzione dei ponti in acciaio», *Costruzioni Metalliche* 1, 1971.

De Miranda F., *Ponti a struttura d'acciaio*, CISIA Collana Italsider, Milano 1971.

De Miranda F., *Ponti strallati di grande luce*, Cremonese, Roma 1980.

Dupré J., *Bridges. A history of the world's most famous and important span* (intductory interview with Frank O. Gehry), Black Dog & Leventhal, New York 1997.

Fernandez Troyano L., *Tierra sobre el agua* -

Visión histórica universal de los puentes, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid 1999.

Forsberg T., «Multi-span suspension Bridge», *Tendencias en el Diseño de Puentes. Trends in Bridge Design*, Gruppo Español IABSE M. Dolores G. Pulido, J.A. Sobrino & J. Romo (a cura di), Madrid 2000.

Fumagalli E., Merisio P., *Civiltà dei ponti*, Ecra Srl, Roma 1997.

Gimsing N.J., «Long-span cable-supported Bridges: present technology and trends», *Long-span and High-structures*, Symposium IABSE, vol. 79, Kobe 1999.

Gori R., «I ponti sospesi dell'800: evoluzione delle concezioni strutturali e delle tecniche di costruzione», *Il ponte e l'architettura*, Siviero E., Casucci S., Cecchi A. (a cura di), Città studi edizioni, Luav, Venezia 1995.

Leonhardt F., *Brücken - Bridges. Aesthetics and Design*, The Architectural Press, London 1982.

Pefano R., «Per una storia dei ponti», *Hinterland* 33-34, 1985.

Picon A. (a cura di), *L'Art de l'Ingénieur. Constructeur, entrepreneur, inventeur*, Centro George Pompidou, Paris 1997.

Pizzetti G., «Alcune considerazioni sull'evoluzione del ponte», *Casabella* 469, maggio 1981.

Stüssi F., «Leonardo da Vinci's Entwurf für eine Brücke über das Goldene Horn», *Schweizerische Bauzeitung* 8, Zürich 1953.

Vincenzi J., «Il ponte di Messina? Collegamento Stabile sullo stretto di Messina», tesi di laurea, rel. E. Siviero, Luav, Dipartimento di Costruzione dell'Architettura, a.a. 1999-2000.

Walker D., *Great Engineers. The art of British Engineers 1837-1987*, Academy, London 1987.

Walther R., *Ponts Haubanes*, Press Polytechnique Romandes, Lausanne 1985.

Wittfoht H., *Building Bridges: History, Technology, Construction*, Beton Verlag, Düsseldorf 1984.

Zarinelli A., «La corsa verso le grandi luci: il progetto di Leonardo da Vinci per un ponte sul Corno d'Oro», *Costruzioni Metalliche* 1, 1993.

Note

1. Pizzetti G., «Alcune considerazioni sull'evoluzione del ponte», *Casabella* 469, maggio 1981.

2. Tale affermazione con limite di luce progressivamente aumentato si ritrova nei seguenti scritti: De Miranda F., Pitto E., «Questioni centrali sul problema delle grandi luci e sul processo evolutivo del ponte metallico», *Costruzioni Metalliche* 6, 1963; De Miranda F., «Il ponte strallato. Soluzione attuale della costruzione dei ponti in acciaio», *Costruzioni Metalliche* 1, 1971; De Miranda F., *Ponti a struttura d'acciaio*, CISIA Collana Italsider, Milano 1971; De Miranda F., *Ponti strallati di grande luce*, Edizioni Cremonese, Roma 1980.

3. De Miranda F., «Problemi attuali nella costruzione dei ponti in acciaio nel campo delle piccole, delle medie e delle grandi luci», *Bollettino Ingegneri* 2, 1964; De Miranda F., «Ponti a struttura d'acciaio», CISIA Collana Italsider, Milano 1971.

4. (tratto da) A. Zarinelli «La corsa verso le grandi luci: il progetto di Leonardo da Vinci per un ponte sul Corno d'Oro», *Costruzioni Metalliche* 1, 1993.

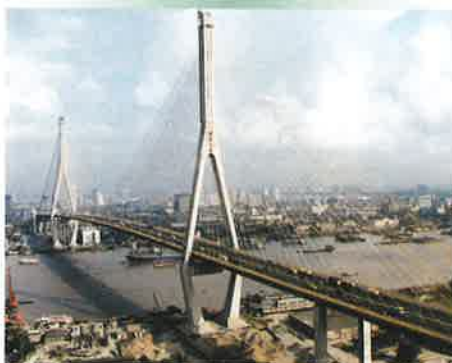
5. Ci si riferisce al fatto che, nel 1952, sono stati ritrovati documenti negli archivi del Topkapı Serayı a Istanbul, che testimoniano



54. Ponte Strömsund in Svezia (1956, F. Dischinger); luce 183 m.



55. Ponte Barrios de Luna (1986); luce 440 m.



56. Ponte Yangpu in Cina (1993); luce 602 m.



57. Ponte di Normandia in Francia (1994); luce 856 m.



58. Ponte Maracaibo (1962, R. Morandi), ponte strallato in cemento armato presollecitato.



59. Ponte Ganter (1980, C. Menn); ponte strallato in cemento armato presollecitato con luce di 174 m.



60. Ponte Sancho el Mayor (1978, L. Fernandez Troyano), strallato con disposizione degli stralli articolata; luce 146 m.



61. Ponte sul fiume Lerez a Pontevedra (1995, L. Fernandez Troyano), strallato con disposizione degli stralli articolata; luce 125 m.



62. Viadotto dell'Arena (1993, J.J. Arenas); ponte strallato multiplo realizzato in curva con luci di 105 m.



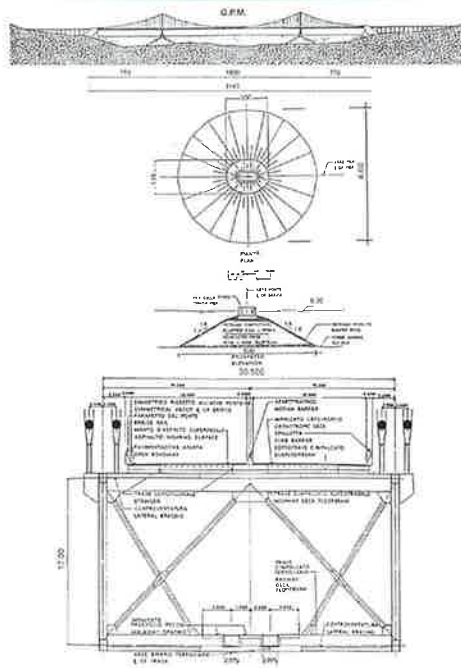
63. Ponte Mezcala (1993); ponte strallato multiplo con campate di 321 m.



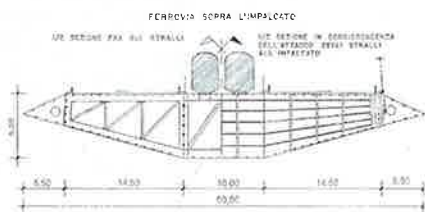
64. Ponte Tatara in Giappone (1999); luce 890 m.



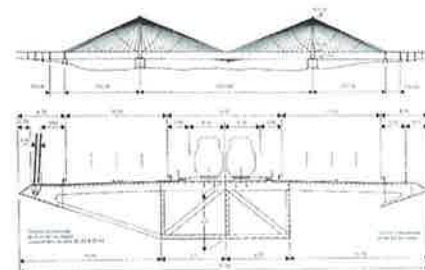
65. Ponte Øresund (2000), ponte stradale e ferroviario; luce 490 m.



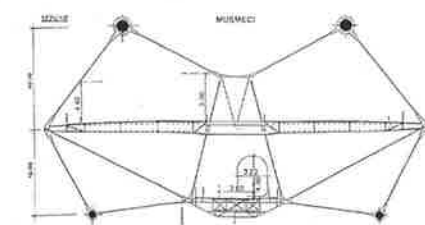
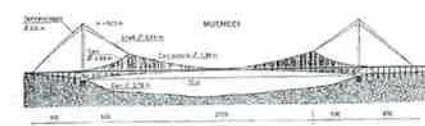
69. Progetto di un ponte sospeso sullo stretto di Messina del Gruppo Ponte di Messina (1981), luce centrale 3300 m.



66. Progettodi ponte strallato sullo stretto di Messina (1969, Gruppo Lambertini, all'interno del Gruppo De Miranda-Leonhardt); luce centrale 1300 m.



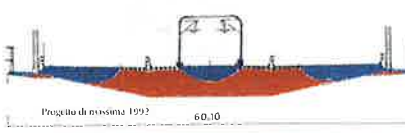
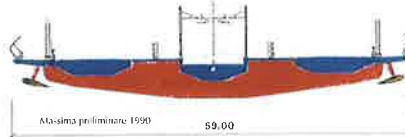
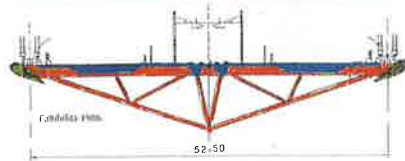
67. Vedi sopra, revisione del 1981, luce centrale 1750.



68. Progetto di un ponte a tensostruttura per lo stretto di Messina di S. Musmeci, luce centrale 3000 m.



70. Progetto di massima (progetto da realizzare) per lo stretto di Messina (1992), ponte sospeso con luce centrale di 3300 m.



71. Evoluzione della sezione trasversale del progetto del ponte di Messina, larghezza 60,40 m.



72. Progetto di un ponte sospeso con camate multiple per l'attraversamento dello stretto di Gibilterra (modello tridimensionale), luce massima 3550 m.

che Leonardo offriva i propri servigi al sultano Bayazid II per l'esecuzione di varie opere di ingegneria, tra cui, appunto, la realizzazione di un ponte «da Galata a Istanbul».

6. F. Stüssi, «Leonardo da Vinci's Entwurf für eine Brücke über das Goldene Horn», *Schweizerische Bauzeitung* 8, Zürich 21 febbraio 1953.

7. De Miranda F., «Problemi attuali nella costruzione dei ponti in acciaio nel campo delle piccole, delle medie e delle grandi luci», *Bollettino Ingegneri* 2, 1964.

8. Pizzetti G., «Alcune considerazioni sull'evoluzione del ponte», *Casabella* 469, maggio 1981.

9. Pizzetti G., «Alcune considerazioni sull'evoluzione del ponte», *Casabella* 469, maggio 1981.

10. Il primo trattato specifico sui ponti è del 1714, *Traité des ponts* di Hubert Gautier, ma già nel *De re Aedificatoria* (1452) di Leon Battista Alberti se ne parla, così come nei vari trattati cinque-seicenteschi.

11. Fondatore e direttore per circa cinquant'anni dell'Ecole de Ponts et Chaussées.

12. Pizzetti G., «Alcune considerazioni sull'evoluzione del ponte», *Casabella* 469, maggio 1981.

13. Pizzetti G., «Alcune considerazioni sull'evoluzione del ponte», *Casabella* 469, maggio 1981.

14. La tipologia della trave con impalcato a cassone sarà ripresa solo molto più avanti, più o meno dopo la seconda guerra mondiale.

15. Pizzetti G., «Alcune considerazioni sull'evoluzione del ponte», *Casabella* 469, maggio 1981.

16. L'utilizzo del cemento armato si sviluppa circa 50 anni dopo l'inizio dell'impiego dell'acciaio.

17. Pefano R., «Per una storia dei ponti», *Hinterland* 33-34, 1985.

18. Pefano R., «Per una storia dei ponti», *Hinterland* 33-34, 1985.

19. Pizzetti G., «Alcune considerazioni sull'evoluzione del ponte», *Casabella* 469, maggio 1981.

20. Gori R., «I ponti sospesi dell'800: evoluzione delle concezioni strutturali e delle tecniche di costruzione», *Il ponte e l'architettura*, Siviero E., Casucci S., Cecchi A., Città studi edizioni, luav, Venezia 1995.

21. De Miranda F., «Il ponte strallato. Soluzione attuale della costruzione dei ponti in acciaio», *Costruzioni Metalliche* 1, 1971.

22. Pizzetti G., «Alcune considerazioni sull'evoluzione del ponte», *Casabella* 469, maggio 1981.

23. Si fa riferimento ai seguenti scritti: Leonhardt F., De Miranda F., *La superiorità del ponte strallato per l'attraversamento di Messina*, Lambertini Edilsistemi Spa (a cura di), Bologna 1971; Leonhardt F., *I ponti strallati di grande luce*, Conferenza tenuta al Congresso canadese dell'Ingegneria Costruttiva presso l'Università di Toronto, febbraio 1970, Lambertini Edilsistemi Spa (a cura di), Bologna; De Miranda F., *Ponti strallati di grande luce*, Cremonese, Roma 1980.



VENEZIA NAVALIA

ARSENALE DI VENEZIA 11-13 MAGGIO 2001



1° salone della nautica in legno

IMBARCAZIONI IN LEGNO

LAVORAZIONE E RESTAURO
DEL LEGNO

SERVIZI

ENTI E ASSOCIAZIONI
DI TUTELA E VALORIZZAZIONE

PROGETTAZIONE

EDITORIA -

MODELLISMO

ACCESSORI E INDUMENTI

informazioni

Veneziafiere srl

San Polo, 2120 - 30125 Venezia

tel. +39.041.714066 - fax +39.041.713151

e-mail: navalia@veneziafiere.it

internet: www.veneziafiere.it

è un'iniziativa di



veneziafiere

I nostri risultati contano.



L'Originale

Per Plotter Ink-jet.



Rotoli per disegno C.A.D. mono e colore
Rotoli speciali colore per Grafica e Fotografia

L'Originale è la più ampia gamma di carte speciali per stampa Color Ink-jet prodotta da **AS/MARRI®** che ne garantisce **QUALITÀ** e **FUNZIONALITÀ**.

Tutti i prodotti **AS/MARRI®** sono commercializzati esclusivamente da Rivenditori Autorizzati.

AS/MARRI SpA Via Edison, 18 - 20090 Cusago (MI) - Tel. 02.90390727 ric.aut. Fax 02.90390705

AS/MARRI®

Per conoscere le
caratteristiche dettagliate
dei prodotti richiedete,
inviando il coupon
sottostante compilato, il

2001 Catalogo
Listino carte
AS/MARRI®

Decido ricevere gratuitamente il vostro Catalogo 2001
e gli indirizzi dei Rivenditori Autorizzati della mia zona.

Nome _____ Via _____ Città _____ CAP _____
Tel. _____



IL PONTE DI CALATRAVA TECNICA ED ESTETICA D'AVANGUARDIA PER LA CITTÀ DI VENEZIA

Roberto D'Agostino

Assessore alla Pianificazione
strategica del Comune di Venezia

Ringrazio l'ingegner Campostrini e il Collegio degli Ingegneri che mi hanno invitato a partecipare a questo convegno. Mi riallaccio a quanto è scritto nella presentazione di questo vostro convegno, soprattutto dove si dice che i ponti avvicinano opposte posizioni ideali, o congiungono epoche diverse, oppure là dove si parla della loro funzione materiale di congiungere luoghi vicini, ma separati da ostacoli imponenti, oppure dove si parla di insostituibili elementi che cuciono in un'unica realtà urbana complessa frammenti di città, o infine di opere il cui rilevante impatto sul paesaggio comporta la necessità di progettazioni di alto livello di sensibilità. Non potendo affrontare le questioni sul piano tecnico come coloro che mi hanno preceduto, dirò qualche cosa riallacciandomi alle tematiche con le quali avete presentato il convegno. Congiungere epoche diverse, superare luoghi vicini ma separati, operare una progettazione compatibile con paesaggi delicati: insomma tutti questi temi hanno a che vedere con il ponte di Calatrava, la cui costruzione è prevista fra piazzale Roma e la ferrovia. Il ponte di Calatrava (figura 1): questa piccolissima opera, questa passerella pedonale (sono 80 metri) non presenta certamente i problemi tecnici dei ponti che ci ha presentato il prof. Siviero; comunque questa piccolissima opera racchiude concretamente, materialmente e anche simbolicamente tutti gli elementi con cui avete voluto introdurre questo convegno.

In che senso faccio queste affermazioni? Anzitutto perché il ponte di Calatrava è il frammento di un disegno urbanistico complesso, un disegno che tende a tenere insieme, nella sua complessità e nella sua unitarietà, l'arcipelago urbano veneziano, che è disperso. Ma è un frammento che svolge un po' le funzioni di un relé in un circuito elettrico: la luce o è accesa o è spenta, e ogni piccola cosa concorre come parte costituzionale di tutto il sistema.

In secondo luogo perché il ponte è un elemento architettonico monumentale all'interno della ristrutturazione di una parte specifica della città: quindi se è un piccolo frammento nel disegno complessivo (anche se un frammento essenziale) è però un elemento architettonicamente molto rilevante nel disegno di quella parte della città, che si vorrebbe riorganizzare insieme alla realizzazione del ponte.

Infine perché la realizzazione di questo ponte può essere anche il segnale di una svolta culturale della città di Venezia: qualora i suoi cittadini intendessero traghettare la città verso il moderno, e cioè passare da una pura attitudine alla conservazione ad una attitudine alla conservazione attiva, in



1. S. Calatrava, progetto per il quarto ponte sul Canal Grande.

cui la trasformazione è funzionale alla conservazione dei valori della città.

Noi sappiamo che una città non si conserva lasciandola semplicemente come sta e giace, perché altrimenti la città muore. L'esempio di Venezia è clamoroso: non ci sono mai state tante discussioni sulla conservazione come negli ultimi cinquant'anni, e non c'è mai stata tanta perdita di materiale storico e anche tante trasformazioni della città di Venezia. Quindi questo tentativo di immettere un elemento di trasformazione virtuosa potrebbe costituire anche una svolta precisa nello sviluppo della città e nella sua possibilità di passare dal passato al futuro. Il dibattito che si sta svolgendo su questo ponte, il suo significato nella ristrutturazione di questa parte della città, e il suo significato anche simbolico e culturale sono tre cose che vanno tenute distinte. Si fa fatica a tenerle assieme. A qualcuno piace il ponte, a qualcuno no, e comunque si ragiona sempre per parti separate: non si ragiona vedendo quest'opera all'interno di un disegno complessivo di riorganizzazione complessiva della città di Venezia. Per cui si dice: lo faccio ma non serve a niente. Oppure: visto che non serve a niente, perché dovrei farlo? Ma si tratta sempre di discorsi molto parziali. Vi mostro ora quattro diapositive: sono quattro promemoria per capire il senso di quest'opera. Vorrei entrare nel merito di questi tre punti: l'opera, il frammento, il disegno complessivo della città.

Noi tutti sappiamo che uno dei problemi complessivi della città di Venezia è rappresentato dalla difficoltà della sua accessibilità. Si parla, naturalmente, del passante di Mestre, ma si parla di tutte le forme di accessibilità: la città storica è da cento anni unita alla terraferma da un unico segmento. Il ponte ferroviario e il ponte stradale creano un unico raccordo con la terraferma. La testa di ponte costituita da piazzale Roma, dalla stazione e dal Tronchetto, è l'unico

punto di arrivo di tutti i flussi organizzati (poi ci sono quelli selvaggi: barconi, ecc) su Venezia. Ciò ha determinato delle deformazioni nella struttura stessa della città: delle polarizzazioni del centro storico verso piazzale Roma, fenomeni di periferizzazione nella città storica, ha prodotto anche delle deformazioni della struttura urbana di Mestre, perché molti traffici anche impropri sono obbligati, venendo da lontano, ad attraversare Mestre per cercare di spingersi verso Venezia. E quindi il mantenimento di questo unico collegamento è un fattore di distorsione della realtà veneziana.

Esiste un disegno complessivo che è qui schematizzato (figura 2), che non ha bisogno di molte spiegazioni, perché credo che in questa sala tutti sappiano leggerlo. Si vedono il passante della tangenziale, l'asta recuperata dei Bivi, i due terminali di Tessera e di Fusina, collegati a Venezia via acqua o con altri mezzi, il ponte della Libertà, con i due terminali intorno alla stazione verso Venezia e alla testa di ponte di Venezia.

Bene, questo è il disegno (figura 3) di come si dovrebbe scaricare l'unica asta esistente riservandola esclusivamente ai traffici di chi vive o lavora a Venezia, e tutto il traffico dovrebbe essere spostato su Tessera e su Fusina (per chi viene da nord-nordovest e per chi viene da sud-sud ovest), con le nuove linee acquedotti o con altre soluzioni tecnologiche (come sapete, si parla anche di una linea sblagnare da Tessera all'Arsenale). In questo disegno complessivo, l'asta piazzale Roma-Mestre dovrebbe diventare l'accessibilità esclusivamente riservata a chi vive o lavora a Venezia. Ciò dovrebbe, da un lato, migliorare l'accessibilità generale della città, modificare i fattori di polarizzazione attraverso il recupero dell'Arsenale, della Giudecca e delle periferie interne, e contemporaneamente dovrebbe consentire una maggiore unità e un migliore collegamento fra i due poli: la città di Mestre e la città di Venezia.

Forse molti sanno che, parlando del piano regolatore, abbiamo parlato della città dipolare, cioè del riconoscimento delle due centralità urbane di Mestre e di Venezia, e queste centralità, per esistere effettivamente, debbono avere una facilità di accesso. Per far questo bisogna scaricare il traffico dal ponte, far nascere una strada urbana, e non un strada ANAS, com'è attualmente il ponte della Libertà.

Ogni pezzo di questo disegno complessivo ha poi una sua soluzione in termini di localizzazione e di assetto architettonico. In questo sistema di soluzioni acquista una rilevanza fondamentale la riorganizzazione della testa di ponte - piazzale Roma, ferrovia, Tronchetto e stazione Marittima - che diventa

uno degli elementi progettuali fondamentali del sistema di cui vi ho parlato. Naturalmente questo sistema è costituito da tanti pezzi, da tante progettazioni di maggiori o minori dimensioni: il ponte di cui parliamo è appunto un pezzetto del sistema complessivo.

Questa diapositiva (figura 3) evidenzia in modo molto simbolico quelle che sono le due centralità: il centro storico di Venezia e la città storica di Mestre. Elementi costitutivi sono Marghera, il Parco Tecnologico, l'Università, il parco di San Giuliano, la testa di ponte di Venezia, il Tronchetto, la Marittima e piazzale Roma: queste due realtà dovranno essere collegate da un sistema di collegamento esclusivamente urbani. I due terminal di Fusina e di Tesserà serviranno per scaricare tutto il traffico non urbano.

Quando, nei giorni scorsi si è discusso, in Commissione di Salvaguardia, della realizzazione del ponte, si è sentito dire che manca l'analisi dei flussi per valutare se il ponte fra la ferrovia e piazzale Roma è utile o no: ebbene, l'analisi dei flussi non può essere fatta valutando chi passerà sopra il ponte, ma facendo un'analisi dei flussi complessivi, una volta che saranno riorganizzati tutti i punti di accesso alla città, secondo il disegno generale che abbiamo visto in precedenza.

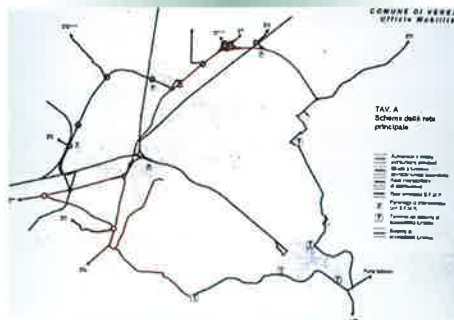
Questo è uno dei tanti disegni della riorganizzazione, che ci serve come promemoria per farci capire che tutta questa parte, fra Tronchetto, Marittima, ferrovia, piazzale Roma, è una parte della città di grande rilevanza: è la «protesi moderna» della città, come è stata definita, completamente staccata dal tessuto storico. Passato il ponte di piazzale Roma per andare ai Tolentini, si passa dalla parte moderna alla città storica: la fine del Canal Grande e il rio della Scemenzera dividono tutto il moderno da tutto l'antico. La riorganizzazione della testa di ponte dunque è una delle parti fondamentali della riorganizzazione degli accessi ma anche della riorganizzazione della città.

Qual è uno degli scopi fondamentali della riorganizzazione della testa di ponte? Fare in modo che quelle parti separate che ho nominato – piazzale Roma, Marittima, Tronchetto, ferrovia – che rappresentano, oggi, l'accessibilità a Venezia via mare, via ferro e via gomma, e che oggi sono separate, di difficile accessibilità e percorribili in tempi assurdi usando mezzi impropri. Quindi si tratta di un sistema di arrivi assolutamente non adeguato alle necessità della città, ed è il sistema col quale abbiamo a che fare quotidianamente. C'è la commistione del traffico lento, quello turistico, col traffico veloce, che è quello dei residenti e dei pendolari, e poi c'è la commistione dei vari mezzi, che sono tra di loro separati. Noi viviamo una situazione di assurdità in cui tutta la parte moderna, cioè la «protesi moderna» di Venezia, in realtà è una protesi vecchia: l'antico in qualche modo funziona mentre il moderno, quello che è stato costruito negli ultimi cinquant'anni, ormai non funziona più ed è completamente da sostituire.

Nel ridisegno complessivo di queste parti il primo obiettivo è quello di riconnetterle attraverso un sistema di comunicazioni e di rapporti che sia facile, agevole. Ci sono poi altri ragionamenti che non sto a fare in questa sede, ma il punto che voglio sottolineare, e che entra nel merito dei ragiona-



2. La città bipolare.



3. Schema della rete principale di collegamento con i nuovi accessi alla città.



4. Ridefinizione delle infrastrutture Tronchetto-Piazzale Roma.



5. S. Calatrava, plastico per il quarto ponte sul Canal Grande.

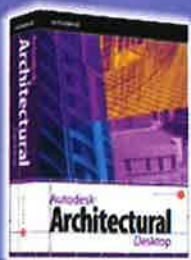
menti che facciamo questa sera della riorganizzazione complessiva delle infrastrutture che riguardano queste aree, è il seguente: si tratta di coordinare queste quattro aree per fare in modo che diventino un'area sola, un'area nella quale è indifferente dove arrivare, perché poi ci si può spostare da un punto all'altro con grande facilità e in modo rapido, come succede fra i vari terminali di un aeroporto.

I due interventi fondamentali per raggiungere questo obiettivo sono costituiti dalla realizzazione di un sistema meccanico che congiunge il Tronchetto alla Marittima e a piazzale Roma e che è stato definito un «people mover» (una sorta di monorotaia con trazione a fune che collegherà queste parti con mezzi che partiranno ogni quattro minuti e ne impiegheranno tre per congiungere i due punti estremi della linea): questo «people mover», una volta arrivato a piazzale Roma, va proseguito a livello di percorso pedonale col ponte di Calatrava. Questo (figura 4) è il disegno delle infrastrutture che dovrebbero consentire di riorganizzare completamente la testa di ponte. Non possiamo parlare di rifacimento di piazzale Roma se non parliamo del rifacimento delle infrastrutture necessarie per allontanare il traffico turistico, per consentire che il Tronchetto venga utilizzato con facilità e così via. L'obiettivo è che piazzale Roma, domani, diventi sostanzialmente una sorta di grande area pedonale con pochi terminali meccanizzati. Tra l'altro in questa organizzazione degli arrivi, la stazione di Venezia è l'unica che non è in collegamento con i mezzi di soccorso.

Questa del ponte (figura 5) è l'immagine che già conoscete del primo plastico; oggi esiste già il progetto definitivo e stiamo andando verso gli esecutivi. Si passerà alla realizzazione, se non ci saranno incidenti di percorso, che attengono esclusivamente alla volontà degli amministratori: infatti ormai tutto l'iter amministrativo è concluso e i finanziamenti sono nel bilancio comunale, e quindi si tratta semplicemente di dire sì o no a dare seguito al finanziamento del ponte e quindi alla sua realizzazione. Il ponte è collocato, tra l'altro, fra l'edificio della stazione e i giardini di piazzale Roma, e svolge la funzione di limite fra la parte nuova della città (la famosa «protesi» aggiunta alla città storica, e quindi la ferrovia, piazzale Roma e il Tronchetto) e la parte antica, il Canal Grande: in quel punto, l'ultimo edificio storico, in contiguità col tessuto antico, finisce e parte il sistema dei treni, il sistema del ponte automobilistico e così via. Questa è dunque una soglia che potrà segnare, anche simbolicamente, il passaggio tra l'antico e il nuovo per quanto riguarda il tessuto storico, ma anche il passaggio tra l'antico e il nuovo per quanto riguarda la volontà di intervenire su questa città. Sugli aspetti tecnici del ponte non voglio dire nulla perché non sono Calatrava, perché tutti lo conoscono e anche perché si impone per la sua evidenza e per la sua semplicità.

Per concludere, io credo che, se riusciremo a compiere l'ultimo passo che ci divide dall'inizio dei lavori, la città avrà fatto un grande passo in avanti verso la sua evoluzione virtuosa. •

Orienta s.r.l. è certificata Autodesk Systems Center ed è specializzata nel mercato CAD con competenze tecniche e di marketing, in grado di fornire soluzioni complete (hardware, software e servizi), sia a livello di prodotti Autodesk che di software applicativi.



Autodesk® Architectural Desktop R3 è la migliore applicazione oggi disponibile per lo sviluppo di progetti architettonici e per la realizzazione dei documenti di costruzione.



ArchVision Desktop

adatta il motore avanzato di Autodesk® Architectural Desktop R3, di taglio internazionale, alle reali necessità dell'utenza Italiana che necessita di normative specifiche e parametri italiani per quotature, blocchi e calcolo illuminanza e ventilanza.

Illuminazione in tempo reale, animazione e materiali integrati.

3D Studio Viz 3i è il primo software che riunisce la modellazione intuitiva e l'interoperabilità di Autodesk® Architectural Desktop R3 in un ambiente integrato che opera in tempo reale, gestendo materiali di ogni genere e diversi tipi di luce.



■ CORSI PERSONALIZZATI E DI GRUPPO

■ ASSISTENZA TECNICA DIRETTA E TELEFONICA

ORIENTA S.r.l. Piazza Modin 12 - 35129 - Padova Tel. (+39) 049/725200 - Fax (+39) 049/8934002
E-mail: info@orienta.it - Internet: <http://www.orienta.it>

GioloCenter

Forniture Professionali

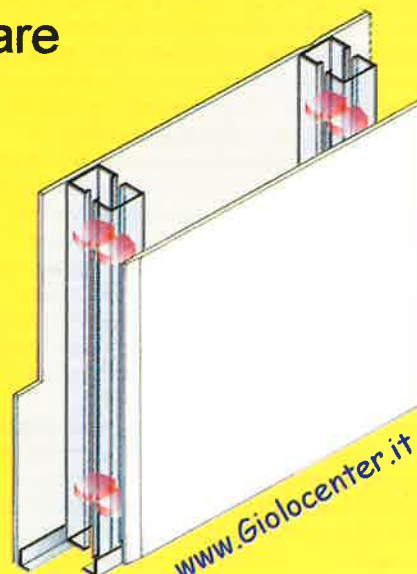
DISA 75

Distanziatore antivibrante per realizzare pareti in gesso rivestito ad alto potere fonoisolante.



PRINCIPALI VANTAGGI

- 1) Nessun contatto rigido tra le due facce della parete.
- 2) Possibilità di inserire il pannello isolante in modo continuo senza interruzioni.
- 3) Nessun ponte acustico.



www.Giolocenter.it

Giolo sas di Giolo Remo & C.

35020 ALBIGNASEGO (PD) via delle Industrie, 28 tel. 049.8626293 - 049.8625564 fax 049.8628056



autodesk
authorized systems center
architecture and building design

in collaborazione con

COLLEGIO INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI PADOVA

e

autodesk



organizza

il seminario tecnico "SOLUZIONI DESIGN 2000 PER LA PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA"

venerdì 25 maggio 2001 alle ore 14.30

c/o Sala Convegni Collegio Ingegneri Padova

Piazza Salvemini, 2 - Padova

Agenda

Ore 14.30 Registrazione

14.45 Igo Bottegal - Orienta
Introduzione

15.00 Gianluca Negri - Autodesk Italia
Presentazione offerte riservate agli iscritti dei Collegi e degli Ordini di Padova

15.15 Claudio Mussa, Gianluca Tomaselli, Matteo Giani - MCS-Software
Sessione dimostrativa:
La soluzione Architectural Desktop e ArchVision

16.45 Coffee Break

17.00 Andrea Seleni, Igo Bottegal - Orienta
Sessione dimostrativa:
Integrazione tra Architectural Desktop R3 e 3D studio Viz 3i
Rendering ed animazione con 3D Studio Viz.

18.00 Conclusione

Confermate la Vostra presenza al sito www.orienta.it oppure inviando il coupon al fax 049-8934002

Società'		Settore di attività'	
Indirizzo		Cap	Città'
Telefono		Fax	E-mail
☐ Confermo partecipazione (nome partecipante/i)			
☐ Non confermo partecipazione ma vorrei essere contattato ☐ Sono già cliente Autodesk ☐ Non sono cliente Autodesk			

La partecipazione è gratuita

I dati conferiti sono destinati ad essere inseriti nella banca dati di Orienta S.r.l. Tali dati saranno utilizzati per l'invio gratuito di documentazione relativa ai prodotti e alle iniziative di Orienta S.r.l. L'articolo 13 legge 675/96, riconosce specifici diritti tra i quali il diritto di ottenere la cancellazione, l'aggiornamento o la rettifica dei dati, su richiesta scritta da inviare a Orienta S.r.l. Piazza Modin, 12 (PD)

☐ Desidero essere cancellato dalla mailing list Orienta S.r.l. Firma _____ Data _____

ORIENTA S.r.l. Piazza Modin 12 - 35129 - Padova Tel. (+39) 049/725200 - Fax (+39) 049/8934002
E-mail: info@orienta.it - Internet: <http://www.orienta.it>

CREPE NEI MURI?

Se è un problema di fondamenta..

**Kappa Zeta consolida terreno e fondazioni
in 2 giorni, senza cantiere, a costi contenuti**

Se la tua casa ha problemi di assestamento e cedimento, prima di pensare a costosi sistemi di consolidamento come sottofondazioni o palificazioni, telefonaci. L'efficacia, la rapidità e il basso costo della nostra tecnica ti stupiranno. In più, il sistema fornisce risultati visibili ed offre le migliori garanzie di riuscita e durata nel tempo.

**GARANZIA ASSOLUTA
DI 10 ANNI**

**Dal 1986
Specialisti nei Consolidamenti
KAPPA ZETA - Parma**



**Sopralluoghi
e preventivi
GRATUITI!**



Numero Verde
800 - 40 16 40

www.kappazeta.it E-Mail: info@kappazeta.it

CONSOLIDAMENTI

BENTOTEC®

Impermeabilizzazione
ATTIVA per strutture interrato

TecnoCLAY PANEL 1

pannelli in bentonite



TECNOCLAY GRIP 1

bentonite in
geotessuto
aggrappante



BENTOTEC® manufatti che utilizzano
BENTONITE SODICA NATURALE

BENTOBAR TUBE

bentonite sodica in tubo di
plastica idrosolubile



WAM 109 modellabile



WAM 101

waterstop
in bentonite



string 12

string 16

string 24

cordoni in gomma caucciù idroespansiva
(sez. Ø 12-16 - 24 mm)



P 201 / T 201

gomma sintetica
idroespansiva in
cartuccia

BENTOTEC® manufatti che utilizzano
POLIMERI IDROFILI

cordone di gomma caucciù
idroespansiva (sez. 20x20 mm)

KM 20.20



IGROTAC® POLIMERO

profilato
idroespansivo

BENTOTEC® materiali di
PREPARAZIONE - ADATTAMENTO

MCI BS - 38

malta bicomponente
anticorrosione

malta a presa
"istantanea"

TECNOSTOP

**TECNO ECO
LOGIC CHEM**

TECNOCHEM®

PRODOTTI CHIMICI PER TECNOLOGIE SPECIALIZZATE - ENGINEERING

24030 BARZANA (BG) ITALY VIA SORTE, 2/4 Tel. 035 55.48.11 FAX 035 55.48.16 - www.tecnochem.it E.mail: tecnochem@spm.it

Calcestruzzi

la qualità



Zona Veneto-Friuli

SEDE DI ZONA:

VIA PIEROBON, 1 - 35010 LIMENA PD
TELEFONO 049 8840 644 FAX 049 768 522

Impianti certificati UNI EN ISO 9002:

LIMENA	VIA PIEROBON, 1 - 35010 PD
PADOVA IND.LE	VIALE DELLA NAVIGAZIONE INTERNA, 76 - 35100 PD
UDINE - BEIVARS	VIA ARGINE DEL TORRE - 33100 UD

Impianti conformi al Sistema di Qualità Aziendale:

Calcestruzzi spa

Veneto

BRUGINE	VIA MARCONI - ZONA IND.LE - 35020 PD
ESTE	VIA G. GALILEI, 6 - 35042 PD
ROVIGO	VIALE DELLE INDUSTRIE, 15 - ZONA IND.LE - 45100 RO
CASALE SUL SILE	VIA DELLE INDUSTRIE, 3 - 31032 TV
LENDINARA	VIA PORTE DI SOPRA, 69 - 45026 RO
ARQUÀ POLESINE	STRADA STATALE, 16 - 45031 RO

CASTELFRANCO VENETO

TREVISO
CHIOGGIA
MESTRE
SPINEA
CORNEDO VICENTINO
ARCUGNANO
PONTE DI BARBARANO
ROMANO D'EZZELINO
THIENE

VIA PAGNANA - 31033 TV

VIA FELTRINA, 76 - CASTAGNOLE PAESE - 31040 TV
S.S. ROMEA, 520 - RIDOTTO MADONNA - 30015 VE
VIA PAGANELLO, 9 - 30172 VE
VIA DELLE INDUSTRIE, 40 - 30038 VE
VIA MONTE CENGIO, 74 - 36073 VI
VIA A. VOLTA, 12 - ZONA IND.LE - 36057 VI
VIA DEL LAVORO - ZONA IND.LE - 36020 VI
LOCALITÀ SACRO CUORE - VIA PIO X, 16 - 36060 VI
LOCALITÀ ROZZAMPRIA - CÀ ORECCHIONA - 36016 VI

Friuli

UFF. COMM.LE: UDINE
TRIESTE INDUSTRIALE
TRIESTE - MOLO VII
AMARO
CERVIGNANO
MALBORGHETTO
PRADAMANO
S. VITO AL TORRE

LOC. BEIVARS VIA EMILIA, 127 - 33100 UD
S. DORLIGO DELLA VALLE - VIA MUGGIA, 2 - Z.I. - 34018 TS
VIA DELLA RAMPA, 1 - 34018 TS
LOC. PONTE FELLA - 33020 UD
VIA MONFALCONE, 10 - 33052 UD
FRAZ. UGOVIZZA - Z.I. MALBORG. VAL BRUNA - 33010 UD
VIA CUSSIGNACCO - ZONA IND.LE - 33040 UD
FRAZ. NOGAREDO - STRADA COMUNALE LOZIS - 33050 UD



Calcestruzzi
Italcementi Group

A world class local business